

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

**Návrh vzduchotechnického zařízení pro  
výrobní objekt**

**Air Conditioning Proposal of Production Hall**

Student:

Bc. Iveta Kelnarová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

# Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Iveta Kelnarová**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2302T006 Energetické stroje a zařízení

Téma:

Návrh vzduchotechnického zařízení pro výrobní objekt  
Air Conditioning Proposal of Production Hall

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte vzduchotechnické zařízení pro výrobní prostory fy Avis.
2. Zařízení musí vyhovovat pro větrání místností při přítomnosti pracovníků obsluhy instalovaných strojů a zařízení, musí být navrženo na úrovni současné běžné vzduchotechniky a umožnit napojení různých distribučních prvků.
3. Diplomová práce bude obsahovat popis a technické zdůvodnění navrženého řešení včetně výkresové dokumentace a orientačního vyčíslení investičních nákladů.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NOVÝ, R. a kol.: Technika prostředí. ČVUT, Praha 2006, 267 s. ISBN 80-01-03492-5.
- [2] HIRŠ, J., GEBAUER, G.: Vzduchotechnika v příkladech. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., Brno, 2006. ISBN 80-7204-486-9.
- [3] SZEKELYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ, R.: Větrání a klimatizace. Jaga Group s.r.o., Bratislava, 2006. ISBN 80-8076-037-3.
- [4] CENTEROVÁ, L., PAPEŽ, K.: Technická zařízení budov. Skripta ČVUT, Praha, 2000.
- [5] Normy, firemní podklady, internetové zdroje apod.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 15.05.2017

doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2017



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB–TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB–TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB–TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákony o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledky její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2017

.....  
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Iveta Kelnarová

Adresa trvalého pobytu autora:

U místní dráhy 13, 779 00 Olomouc

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Výtiskovi, Ph.D. za jeho ochotu, trpělivost a odbornou pomoc při zpracování diplomové práce.

Bc. Iveta Kelnarová

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KELNAROVÁ, I.: *Návrh vzduchotechnického zařízení pro výrobní objekt*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2017, 53 stran. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem vzduchotechnického zařízení v objektu stolárny a dílny provozu přípravy oken. V první části práce je řešen výpočet tepelných ztrát a zisků uvedených místností, druhá část je zaměřena na návrh konkrétní soustavy odvětrání s možností rekuperace. V závěru práce je zdůvodnění navrhovaného řešení s orientačním vyčíslením investičních nákladů včetně výkresové dokumentace.

### **Klíčová slova:**

*Vzduchotechnika, tepelné ztráty, tepelné zisky, odvětrání, rekuperace, výrobní objekt, tlakové ztráty, objemové množství, odtah a přívod vzduchu, vyústka, ventilátory*

## ANNOTATION OF THESIS

KELNAROVÁ, I. *Air Conditioning Proposal of Production Hall*: Thesis. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of energy, 2017, 53 p. Thesis, head: Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Diploma thesis describes the design of ventilation device in building for woodwork and workroom for preparation of windows. First part deals with calculation of heat losses and gains of mentioned rooms. Second part focuses on project of ventilations system with recuperation. In conclusion is justified the proposed solution with calculated costs of this solution, including graphical documentation.

### **Keywords:**

*Air Conditioning,, heat losses, heat gains, ventilation recuperation, manufacturing facility, pressure drops, volumetric volume, exhaust and air intake, diffusers, fans*

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK</b>	<b>9</b>
<b>1. ÚVOD</b>	<b>11</b>
<b>2. POPIS OBJEKTU</b>	<b>12</b>
<b>3. VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT</b>	<b>13</b>
3.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla	13
3.1.1 Produkce tepla lidí	13
3.1.2 Produkce tepla svítidel	14
3.1.3 Produkce tepla elektromotorů	14
3.1.4 Produkce tepla ventilátorů	15
3.2. Tepelné zisky z vnějšího prostředí	16
3.2.1 Tepelné zisky okny	16
3.2.2 Tepelné zisky stěnami	20
3.2.3 Tepelné zisky infiltrací	21
3.2.4 Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	21
3.2.5 Celková tepelná zátěž	21
3.3.1 Tepelné ztráty místnosti stolárna	24
3.3.3 Tepelná ztráta větráním	28
3.4 Celkový výpočet tepelných ztrát - shrnutí	30
<b>4. NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY</b>	<b>31</b>
4.1. Popis řešení	31
4.2. Návrh distribučních prvků	32
4.2.1. Vyústky	32
4.2.2. Protidešťová žaluzie	34
4.2.4. Obdélníkové výustě pro větev odtahu	35
4.3.1. Návrh potrubí přívodní větev	38
4.3.2. Návrh potrubí odtahu	39
4.4. Výpočet tlakových ztrát	40
4.4.1. Výpočet třecích ztrát	40
4.4.3. Výpočet celkových tlakových ztrát	45
4.4.4. Stanovení odporové charakteristiky potrubní sítě	46
<b>5. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ</b>	<b>50</b>
<b>6. ZÁVĚR</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM LITERATURY</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>53</b>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

značka	popis	jednotka
A,B	šířka a výška okna včetně rámu	m
B	charakteristické číslo budovy	$\text{Pa}^{-0,67}$
c	součinitel	-
D	průměr potrubí	m
e	délky stínů v okenním otvory od hrany slunolamů	m
f,g	odstup svislé a vodorovné části okna od rámu okna	m
h	entalpie vzduchu	$\text{kJ/kg.K}$
$l_{iv}$	součinitel spárové průvzdušnosti	$\text{m}^3/$
l	délka	m
L	délka spár otvíratelných částí oken	m
n	počet osob	-
M	charakteristické číslo místnosti	-
O	obvod	m
P	příkon	W
p	tlak	Pa
Q	tepelný zisk, tepelná ztráta	W
R	měrná tlaková ztráta	$\text{Pa/m}$
s	stínící součinitel	-
S	plocha	$\text{m}^2/\text{s}$
t	teplota	$^{\circ}\text{C}$
U	součinitel prostupu tepla	$\text{W/m}^2\text{K}$
V	objem	$\text{m}^3$
$\dot{V}$	objemový průtok	$\text{m}^3/\text{s}$
w	rychlost	$\text{m/s}$
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$\text{W/m}^2\text{K}$
$\psi$	časové zpoždění	hod
$\varepsilon$	součinitel absolutní drsnosti	-
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	$\text{W/m.K}$
$\xi$	součinitel místní tlakové ztráty	-

## VÝZNAM INDEXŮ

index	význam	index	význam
S	Stolárna	ev	venkovní
D	Dílna	m	elektromotor
L	lidé	c	ventilátor
SV	svítidla	ok	konvekce
i	interiér	or	radiace

## VÝZNAM ZKRATEK

zkratka	význam
JV	Jihovýchod
JZ	Jihozápad
SZ	Severozápad
SV	Severovýchod

## 1. ÚVOD

Cílem diplomové práce je navrhnout vzduchotechnické zařízení pro výrobní objekt. V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na snížení energetické náročnosti budov, díky čemuž pak často řešíme otázky na zhoršenou kvalitu vnitřního prostředí.

Vlivem zásahů do konstrukce a především výměnou oken se sice získá zaizolovaný objekt, který je ale zcela utěsněn. Díky tomu se objevují plísňe a u osob obývajících tyto prostory vzniká pocit únavy spojený s vyšším výskytem alergií.

Důvodem je pak nedostatečné zajištění výměny vzduchu – přirozené větrání.

U výrobních objektů nám jasně dává norma limity pro výměnu vzduchu. Jsou to právně závazné předpisy, označované jako hygienické předpisy, které nám definují pracovní prostředí, stanovují limity čistoty prostředí, teploty a hluku. Díky stanoveným limitům pro výměnu vzduchu v místnostech je mnohdy přirozené větrání nedostačující a proto je potřeba navrhnout systém nuceného větrání, který může být spojen s teplovzdušným vytápěním, rekuperací nebo i s klimatizací.

V diplomové práci se zaměříme v první fázi na výpočet tepelných zisků a ztrát výrobního objektu v části stolárna a dílna provozu přípravy oken (dále jen dílna).

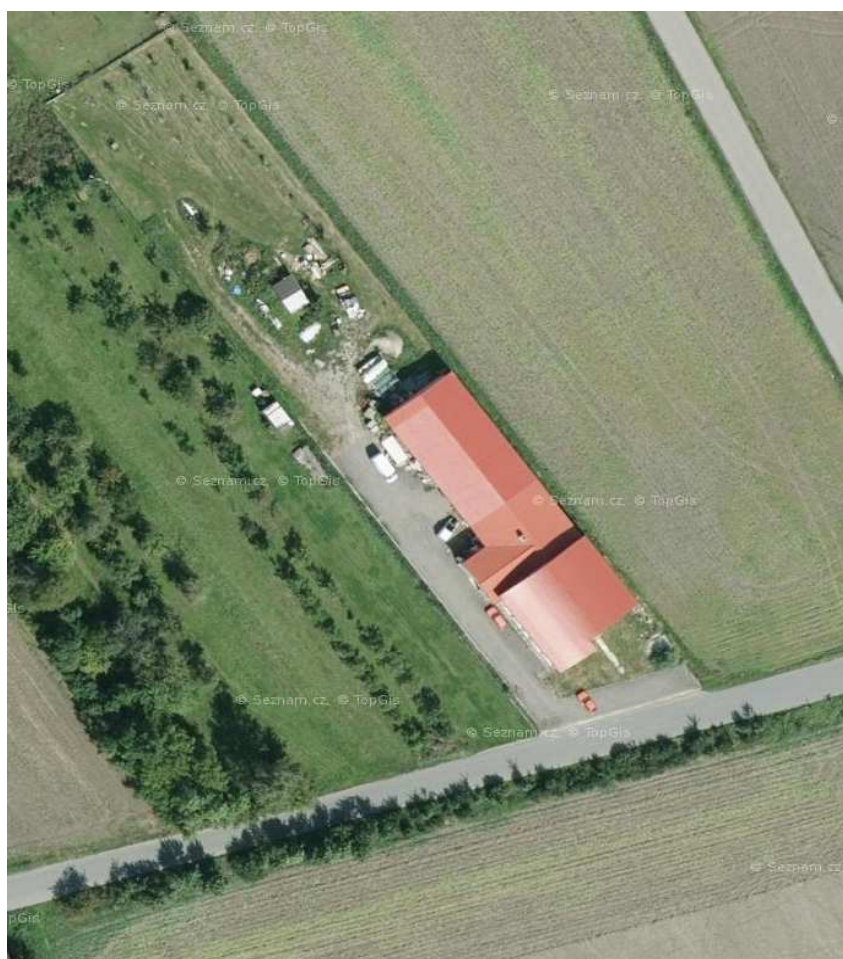
Dále je proveden návrh vhodného vzduchotechnického zařízení s jeho příslušenstvím a rozvody, které jsou součástí výkresové dokumentace.

V poslední části je vyhodnocení investičních nákladů navrhovaného řešení.

## 2. POPIS OBJEKTU

Objekt se nachází v obci Bílany u Kroměříže na ploše o 700 m<sup>2</sup> a je orientován na severozápad. Je rozdělen na dvě hlavní části - administrativa a výrobní prostory.

Firma Apis se zabývá zateplováním původních oken izolačními skly, kde většinu práce se řeší na domech u zákazníků. Ve výrobním prostoru je především hala pro skladování materiálu, malá stolárna a dílna provozu přípravy oken. Ve stolárně se především dělají drobné úpravy starších křídel oken, repase a slouží pro příležitostnou výrobu drobného nábytku. Na dílně se připravují skla a zasklívají do rámců, někdy se brousí a přetírá starý rám.



*Obrázek 1 administrativní a výrobní objekt v místě Bílany*

### 3. VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT

Tepelnou zátěží je chápán celkový tepelný tok do klimatizovaného prostoru, který musí být vykompenzován výkonem chladicího zařízení. Dle místa vzniku lze tepelné zisky rozdělit na vnitřní a vnější zisky. Mezi vnitřní tepelné zisky zahrnujeme tepelnou produkci lidí, produkci tepla svítidel, ventilátorů, popř. dalších elektrospotřebičů.

Vnější tepelné zisky se skládají z prostupu tepla konstrukcí, tepelných zisků radiací přes okna a tepla obsaženého v infiltračním a přiváděném vzduchu. Při výpočtu tepelné zátěže se postupuje dle normy ČSN 73 0548, která oproti výpočtu tepelných zisků pomocí normy ČSN 02 0610 má mírné specifické odlišnosti. Výpočet je prováděn pro nejteplejší den v roce - 21. července a pro 12:00 hodin dle umístění objektu. Normy dále stanovují vnější výpočtovou teplotu  $t_e$  na 32 °C, rozmezí teplot pro vnitřní prostředí je od 20-26 °C, ve výpočtu pro letní období je přípustná teplota interiéru  $t_i = 25$  °C. Výsledek slouží jako podklad pro výpočet minimálního množství větracího vzduchu. [L1].

#### 3.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

##### 3.1.1 Produkce tepla lidí

Do těchto zisků se započítává pouze citelné teplo produkované člověkem. Hodnota je stanovena dle normy ČSN 02 0610, pro prostředí s náročnější fyzické práce při teplotě vzduchu 25 °C je dle tabulky 73 W [L1]. Při této teplotě se použije vzorec dle

$$Q_L = n \cdot 0,1 \cdot Q_i \cdot (36 - t_i) \quad [W] \quad (3.1)$$

kde:

$n$  - počet osob [ - ]

$t_i$  - teplota interiéru [°C]

$Q_i$  - produkce citelného tepla člověka [W]

Dle zadání dosadíme do vzorce hodnotu 2 osoby pro stolárny a 5 osob pro dílnu.

**a) stolárna**  $Q_{Ls} = 2 \cdot 0,1 \cdot 73 \cdot (36 - 25) = 160,6 \text{ W}$

**b) dílny**  $Q_{Ld} = 5 \cdot 0,1 \cdot 73 \cdot (36 - 25) = 401,5 \text{ W}$

### 3.1.2 Produkce tepla svítidel

S teplem produkovaných svítidel se počítá, pokud jsou svítidla v provozu i ve výpočtové hodině. Určí se ze vzorce:

$$Q_{SV} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W] \quad (3.2)$$

$P$  – celkový příkon svítidel [W]

$c_1$  - součinitel současnosti používání svítidel [-]

$c_2$  - zbytkový součinitel [-]

Instalovaná zářivková svítidla jsou dvoutrubicová, každá má příkon 25W, tj. 1 svítidlo má příkon 50W. Na stolárně jsou zavěšených 8 zářivek a na dílně 10 zářivek

Součinitel současnosti používání svítidel dáme roven 1 a zbytkový součinitel při odsávání vzduchu pod stropem je roven 0,7.

a) stolárna  $Q_{SVs} = P \cdot c_1 \cdot c_2 = 8 \cdot 50 \cdot 0,7 = 280 \text{ W}$

b) dílna  $Q_{SVd} = P \cdot c_1 \cdot c_2 = 10 \cdot 50 \cdot 0,7 = 350 \text{ W}$

### 3.1.3 Produkce tepla elektromotorů

Předpokládá se, že celý elektrický příkon elektromotorů se přeměňuje v teplo

$$Q_m = c_1 \cdot \sum P \cdot c_2 \cdot c_3 \quad [W] \quad (3.3)$$

$P$  - celkový příkon elektromotoru [W]

$c_1$  - součinitel současnosti chodu všech motorů [-]

$c_2$  - zbytkový součinitel při odsávání [-]

$c_3$  - průměrné zatížení stroje [-]



Obrázek 2 formátovací pila ROJEK

Ve stolárně se nachází formátovací pila Rojek s příkonem 3 kW, hoblovačka 3 kW, pásová bruska 2,4 kW, fréza 3 kW a pásová pila 1,2 kW.

V dílně se pracuje především s ručním elektrickým nářadím, dvě brusky 850 W, vrtačka 850 W, renovátor 800 W, pokosová pila 1100 W.

Jelikož se jedná o štítkové elektrické příkony, obvyklé zatížení bude mnohem nižší. U většiny zařízení se uvažuje průměrné zatížení 50 % z příkonu.

Stroje neběží současně, maximálně ve stolárně dva a na dílně pět ručních el. nářadí během pracovní doby.

#### a) stolárna

$$Q_{ms} = c_1 \cdot \sum P \cdot c_2 \cdot c_3 = 2/5 \cdot (3000 \cdot 1.0,5 + 3000 \cdot 1.0,5 + 2400 \cdot 1.0,5 + 3000 \cdot 1.0,5 + 1200 \cdot 1.0,5) = 2/5 \cdot 6300 = 2520 \text{ W}$$

#### b) dílna

$$Q_{md} = 1 \cdot (850 \cdot 1.0,5 + 850 \cdot 1.0,5 + 850 \cdot 1.0,5 + 800 \cdot 1.0,5 + 1100 \cdot 1.0,5) = 2225 \text{ W}$$

### 3.1.4 Produkce tepla ventilátorů

Vzduch se při proudění skrz ventilátor ohřívá. Množství vyrobeného tepla se vypočte dle vzorce. Průtok vzduchu lze určit dvěma způsoby – podle počtu osob nebo dle půdorysné plochy. V tomto případě budeme počítat množství přiváděného vzduchu podle doporučené výměny vzduchu, které pro výrobní prostory - dílny je v mezích 3-6 h<sup>-1</sup> [L1]. Z důvodu malého počtu lidí a relativně rozlehlé plochy místností zvolíme hodnotu 3 h<sup>-1</sup>.

$$Q_c = \Delta p \cdot \frac{V}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad [\text{W}] \quad (3.4)$$

kde:

$$\dot{V}_p \quad - \text{průtok vzduchu ventilátorem } V_p = n \cdot V_m / 3600 \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$n \quad - \text{výměna vzduchu} \quad [\text{h}^{-1}]$$

$$V_m \quad - \text{objem místnosti} \quad [\text{m}^3]$$

$$\Delta p \quad - \text{celkový tlak ventilátoru (dáme odhadem 400 Pa)} \quad [\text{Pa}]$$

$$\eta_v \quad - \text{účinnost ventilátoru (0,5)} \quad [-]$$

$$\eta_m \quad - \text{účinnost elektromotoru. (0,8)} \quad [-]$$

Vypočítáme objemové množství vzduchu pro stolárnu a dílnu dle výše uvedených požadavků ze vztahu:

$$V_p = \frac{n \cdot V_m}{3600} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.5)$$

**a) stolárna** - velikost místnosti je 47,25m<sup>2</sup>, výška stropu 3,45 m

$$\dot{V}_{ps} = \frac{n \cdot V_m}{3600} = \frac{3 \cdot 47,25 \cdot 3,45}{3600} = 0,136 \text{ m}^3/\text{s} = 489,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

**b) dílna** - velikost místnosti je 78,28 m<sup>2</sup>, výška stropu 3,15 m

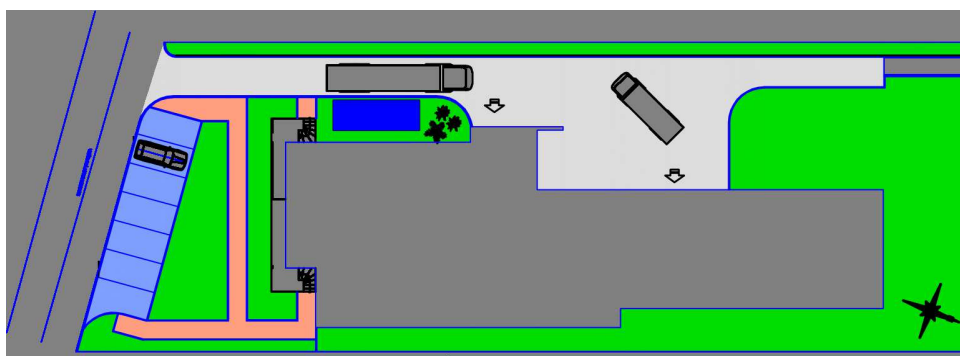
$$\dot{V}_{pd} = \frac{n \cdot Vm}{3600} = \frac{3.78, 28.3, 15}{3600} = 0,205 \text{ m}^3/\text{s} = 739,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet objemového množství na stolárně a dílně promítneme do výpočtu produkce tepla ventilátorů:

$$\text{a) stolárna} \quad Q_c = \Delta p \cdot \frac{V_p}{\eta_v \cdot \eta_m} = 400 \cdot \frac{0,136}{0,5 \cdot 0,8} = 135,84 \text{ W}$$

$$\text{b) dílna} \quad Q_c = \Delta p \cdot \frac{V_p}{\eta_v \cdot \eta_m} = 400 \cdot \frac{0,205}{0,5 \cdot 0,8} = 205,49 \text{ W}$$

### 3.2. Tepelné zisky z vnějšího prostředí



**Obrázek 3**  
*situační schéma objektu*

#### 3.2.1 Tepelné zisky okny

Tepelný zisk okny se dělí pro výpočet na dvě složky – sdílení tepla konvekcí a prostup tepla radiací.

$$Q_o = Q_{ok} + Q_{or} \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

##### 1) Prostup tepla konvekcí

Vzorec pro výpočet je:

$$Q_{ok} = U \cdot S \cdot (t_{ev} - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.7)$$

S – celková plocha okna  $[\text{m}^2]$

U- součinitel prostupu tepla  $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$

$t_{ev}$  – teplota venkov. vzduchu  $[\text{°C}]$

pro hodinu, kdy je prováděn výpočet tj. 12hod viz. příloha 3 – tabulka rovnocenné sluneční teploty



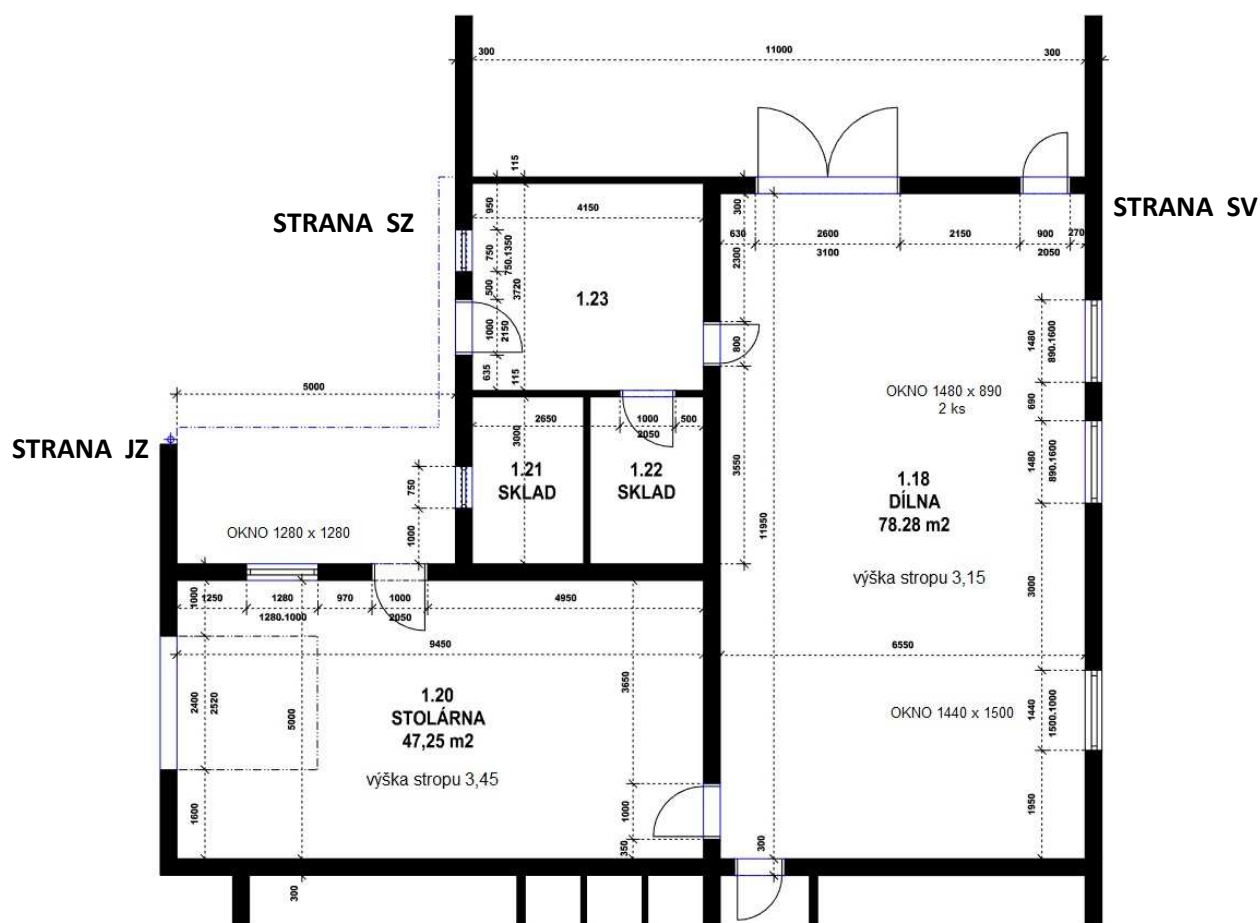
**a) Ve stolárně** je okno otočeno na SZ, má rozměr (1,28x1,28) m. Celková plocha okna S je 1,64 m<sup>2</sup>. Okna jsou plastová osazená trojsklem. Součinitel prostupu tepla U= 0,9 W/m<sup>2</sup>K udaný výrobcem.

$$Q_{ok} = U.S.(t_{ev}-t_i) = 0,9.1,64.(27,9-25) = 4,28 \text{ W}$$

**b) Na dílně** jsou okna otočena na SV a mají rozměry: (1,48x0,89) m – 2 ks, (1,44x1,50) m – 1ks. Celková plocha tak činí 4,79 m<sup>2</sup>.

$$Q_{Ok} = U.S.(t_{ev}-t_i) = 0,94,79.(27,9-25)= 12,5 \text{ W}$$

Díky orientaci na SV a SZ jsou zisky velice malé.



**Obrázek 4**  
*půdorys počítaných prostor*

## 2) Prostup tepla sluneční radiací

Jedná se o teplotní zisky vstupující do místnosti slunečním zářením. Vypočtou se ze vzorce:

$$Q_{or} = (S_{os}.I_o.c_o + (S_o - S_{os}).I_o.dif).s \quad [W] \quad (3.8)$$

kde:

$S_{os}$  - osluněná plocha okna  $[m^2]$

$I_o$  - celková intenzita sluneční radiace  $[W \cdot m^{-2}]$

$I_{o,dif}$  - intenzita difuzní sluneční radiace  $[W \cdot m^{-2}]$

$c_o$  - korekce pro čistotu atmosféry  $[-]$

$s$  - stínící součinitel  $[-]$

Do vztahu musíme dopočítat osluněný povrch okna  $S_{os}$ , kde je tato plocha zmenšená o příslušné odstupy skla a rámu a o délky stínů, které se počítají z následujících vzorců:

$$S_{os} = [A - (e_1 - f)] \cdot [B - (e_2 - g)] \quad [m^2] \quad (3.9)$$

kde:

$A, B$  – šířka a výška okna včetně rámu  $[m]$

$e_1, e_2$  - délky stínů v okenním otvoru od hrany slunolamů  $[m]$

$f, g$  - odstup svislé a vodorovné části okna od rámu okna  $[m]$

$c$  - hloubka okna od okraje horního slunolamu  $[m]$

$d$  - hloubka okna od okraje svislého slunolamu  $[m]$

Příslušné délky stínů

$$e_1 = d \cdot \tan |\alpha - \gamma| \quad e_2 = \frac{c \cdot \tan h}{\cos |\alpha - \gamma|} \quad [-] \quad (3.10, 3.11)$$

kde:

$\alpha$  – sluneční azimut  $[deg]$

$\gamma$  - azimutový úhel normály stěny  $[deg]$

$h$  – výška slunce nad obzorem  $[deg]$

U oken zde nepočítám se slunolamy ani s hloubkou parapetu, proto tento výpočet odpadá.

Vzorec pak upravíme:  $Q_{or} = (S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o,dif}) \cdot s$  při  $S_{os} = S_o$

$$\text{Pak } Q_{or} = S_o \cdot I_o \cdot c_o \cdot s \quad [W] \quad (3.12)$$

**a) Ve stolárně** - okno otočeno na SZ –  $I_o = 141 \text{ W/m}^2$  je ve výpočtové - 12hod, tabulka 1 má rozměr (1,28 x 1,28) m Celková plocha okna  $S$  je  $1,64 \text{ m}^2$ . Stínící součinitel je u trojskla

s vnitřním ornamentním skle určen na 0,5. Stupeň znečištění atmosféry je pro středně čistou atmosféru roven 1,0. [L5, L9]

$$Q_{or} = S_o \cdot I_o \cdot c_o \cdot s = 1,64 \cdot 141 \cdot 1 \cdot 0,5 = 115,62 \text{ W}$$

hod.	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	horiz.
5	45	85	83	41	24	24	24	24	41
6	87	287	322	180	53	53	53	53	122
7	80	361	481	335	78	78	78	78	249
8	100	321	539	452	128	100	100	100	397
9	117	217	505	511	230	117	117	117	534
10	130	135	389	506	335	130	130	130	640
11	139	139	232	437	409	185	139	139	706
12	141	141	141	316	435	316	141	141	729
13	139	139	139	185	409	437	232	139	706
14	130	130	130	130	335	506	389	135	640
15	117	117	117	117	230	511	505	217	534
16	100	100	100	100	128	452	539	321	397
17	80	78	78	78	78	335	481	361	249
18	87	53	53	53	53	180	322	287	122
19	46	24	24	24	24	41	83	85	41

Tab. 1 Intenzita radiace 21.července

**b) Na dílně** - okna otočena na SV –  $I_o=141 \text{ W/m}^2$  pro výpočtovou hodinu a mají rozměry: (1,48 x 0,89) m – 2 ks, (1,44 x 1,50) m - 1ks. Celková plocha tak činí  $4,79 \text{ m}^2$ . Součinitel oslunění je u čirého trojskla s reflexní vrstvou roven 0,6. [L5, L9]

$$Q_{or} = S_o \cdot I_o \cdot c_o \cdot s = 4,79 \cdot 141 \cdot 1 \cdot 0,6 = 405,23 \text{ W}$$

*Celkové tepelné zisky okny jsou součtem tepelných zisků konvekci a radiací dle:*

$$Q_o = Q_{ok} + Q_{or}$$

**a) stolárna**

$$Q_{os} = Q_{ok} + Q_{or} = 4,28 + 115,62 = 119,9 \text{ W}$$

**b) dílna**

$$Q_{od} = Q_{ok} + Q_{or} = 12,5 + 405,23 = 417,73 \text{ W}$$

### 3.2.2 Tepelné zisky stěnami

Venkovní stěny se rozdělují podle tloušťky  $d_s$  do tří kategorií. Objekt, který počítáme, patří do druhé kategorie středně těžkých stěn, kde máme odvozený následující vzorec [L1]

$$Q_s = U_s \cdot S_s \cdot [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [W] \quad (3.13)$$

kde:

$U_s$  - součinitel prostupu tepla stěnou [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$S_s$  - plocha stěny [ $m^2$ ]

$t_{rm}$  - průměrná rovníocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [ $^{\circ}C$ ]

$t_{r\psi}$  - rovníocenná sluneční teplota v době o  $\psi$  dřívější [ $^{\circ}C$ ]

$m$  - součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-]

$\psi$  - časové zpoždění [h]

$$\text{Časové zpoždění: } \psi = 32 \cdot d_s - 0,5 \quad [h] \quad (3.12)$$

$$\psi = 32 \cdot d_s - 0,5 = 32 \cdot 0,375 - 0,5 = 11,5 \text{ h} = 12 \text{ h}$$

$$\text{Zmenšení teplotního kolísání: } m = \frac{1 + 7,6 \cdot d_s}{2500^{d_s}} \quad [-] \quad (3.14)$$

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot d_s}{2500^{d_s}} = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,375}{2500^{0,375}} = \frac{3,85}{18,8} = 0,205$$

#### a) stolárna

Teplotní zisky musíme určit stěnami s venkovním prostředím, pro  $t_{r\psi} = 18,1^{\circ}C$  v 24 hod dle tabulek [L1] příloha 3. Hodnoty  $U_s$  jsou převzaty z kapitoly 3.3.1 a 3.3.2.

**stěna SZ:**  $t_{rm} = 27,8^{\circ}C$

$$Q_{s,sz} = U_s \cdot S_s \cdot [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] = 0,316 \cdot (17,25 - 1,64) \cdot [(27,8 - 25) + 0,205(18,1 - 27,8)] = 4,93 \cdot (2,8 - 2,0) = 4 \text{ W}$$

**stěna JZ+JV:**  $t_{rm} = 30,2^{\circ}C$

$$Q_{s,j} = U_s \cdot S_s \cdot [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] = 0,316 \cdot (3,45 \cdot 6) \cdot [(30,2 - 25) + 0,205(18,1 - 30,2)] = 6,5412 \cdot (5,2 - 2,48) = 17,8 \text{ W}$$

$$\text{Celkové tepelné zatížení obvodových zdí stolárny: } Q_{s,sz} + Q_{s,j} = 4 + 17,8 = 21,8 \text{ W}$$

#### b) dílna

**stěna SV:**  $t_{rm} = 27,8^{\circ}C$ ,  $S_{stěny} - S_{oken}$

$$Q_s = U_s \cdot S_s \cdot [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] = 0,316 \cdot (37,2 - 4,79) \cdot [(27,8 - 25) + 0,205(18,1 - 27,8)] = 10,24 \cdot (2,8 - 2,0) = 8,19 \text{ W}$$

### 3.2.3 Tepelné zisky infilrací

Jelikož se při návrhu vzduchotechnického zařízení uvažuje o rovnotlakých systémech, tyto zisky se zde nepočítají.

### 3.2.4 Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu

Tepelná zátěž pro výpočet klimatizačního zařízení zahrnuje i tepelné zisky, plynoucí z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení.

$$\text{Výpočet určíme ze vztahu: } Q_e = V_e \cdot \rho \cdot c_d \cdot (t_{ev} - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.15)$$

Již z předchozích výpočtů dosadíme  $V_e = V_p$  pro stolárnu je 0,136 m<sup>3</sup>/s a pro dílnu 0,205 m<sup>3</sup>/s, za  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , měrné teplo suchého vzduchu  $c_d = 1,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

**a) stolárna**  $Q_e = V_e \cdot \rho \cdot c_d \cdot (t_{ev} - t_i) = 0,136 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot (27,9 - 25) = 478,01 \text{ W}$

**b) dílna**  $Q_e = V_e \cdot \rho \cdot c_d \cdot (t_{ev} - t_i) = 0,205 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot (27,9 - 25) = 720,53 \text{ W}$

### 3.2.5 Celková tepelná zátěž

V tabulce je přehled všech tepelných zisků od vnitřních zdrojů tepla a od vnějšího prostředí:

$$Q_{c, \text{zisk}} = Q_L + Q_{SV} + Q_m + Q_c + Q_o + Q_s + Q_e \quad [\text{W}] \quad (3.16)$$

Tepelné zisky [W]					
	od vnitřních zdrojů				
místnost	produkce tepla lidí	produkce tepla svítidly	produkce tepla elektromotorů	produkce tepla ventilátorů	celkem
stolárna	160,6	280	2520	135,8	3096,4
dílna	401,5	350	2225	205,5	3182,0
	od vnějších zdrojů				
	tepelné zisky okny	tepelné zisky stěnami	přívodem venkovního vzduchu		
stolárna	119,9	21,8	478,0		619,70
dílna	417,7	8,2	720,5		1146,4
<b>Celkový tepelný zisk - stolárna</b>			<b>3716,10 W</b>		
<b>Celkový tepelný zisk - dílna</b>			<b>4328,40 W</b>		
<b>TEPELNÉ ZISKY CELKEM</b>			<b>8044,50 W</b>		

Tab. 2 Rekapitulace tepelných zisků

### 3.3. Výpočet tepelných ztrát

#### Celková tepelná ztráta $Q_c$

Celková tepelná ztráta  $Q_c$  je dána součtem tepelných ztrát prostupem tepla  $Q_p$  a tepelnou ztrátou větráním  $Q_v$ . Tepelné zisky od těchto hodnot odečteme. [L1]

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [W] \quad (3.17)$$

Druh nevytápěných místností			Teplota v sousedních nevytápěných místnostech $t_{e'} (^{\circ}C)$ při výpočtové venkovní teplotě $t_e (^{\circ}C)$			
			-12	-15	-18	-21
1	Podstřešní prostory (půdy)	netěsná krytina	-6	-9	-12	-15
		těsná krytina	-3	-6	-9	-12
		— bez tepelné izolace — s tepelnou izolací	0	0	-3	-6
2	Vzduchová mezera u větraných dvouplášťových střeš <sup>1)</sup>		-9	-12	-15	-18
3	Místnosti sousedící	převážně s vytápěnými místnostmi, např. vnitřní chodby apod.	+15			
		zčásti s vytápěnými místnostmi a zčásti s venkovním prostředím — bez venkovních dveří — s venkovními dveřmi; také vnitřní schodiště <sup>2)</sup>	+6 0	+6 0	+3 -3	+3 -3
		převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi	-3	-6	-9	-12
4	Sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti	zcela pod terénem	+5 až +10			
		částečně nad terénem — nevětrané — větrané	+3 0	+3 0	0 -3	0 -3
5	Zřídka vytápěné místnosti	ve stejné budově v sousední budově	+15 +10			
6	Kotelny, výměňkové stanice, strojovny		+15 až +20			

<sup>1)</sup> Tepelný odpor větraných dvouplášťových střeš se počítá podle ČSN 73 0540:1994.  
<sup>2)</sup> Pro vnitřní schodiště platí uvedené hodnoty  $t_{e'}$  pro přízemí, tj. pro 1. nadzemní podlaží. Pro 2. až 4. podlaží se hodnoty  $t_{e'}$  zvýší o 3  $^{\circ}C$ , pro 5. a další podlaží o 6  $^{\circ}C$ .

Tab. 3 Teplota v sousedních nevytápěných místnostech

Tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_p$  se vypočítá ze vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (3.18)$$

kde:

$Q_o$  - základní tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$p_1$  - přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-]

$p_2$  - přírážka na urychlení zátoku [-]

$p_3$  - přírážka na světovou stranu. [-]

**Základní tepelná ztráta  $Q_o$**  je součet tepelných toků prostupujících jednotlivými stěnami ohraničující vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo do sousedních místností – tab.3 [L9].

$$Q_o = U_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + U_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + U_3 \cdot S_3 \cdot (t_i - t_{e3}) + \dots + U_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) \quad [W] \quad (3.19)$$

kde:

$U_1 \dots U_n$  - součinitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$S_1 \dots S_n$  - plocha ochlazované části konstrukce [ $m^2$ ]

$t_{e1} \dots t_{en}$  - výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [ $^{\circ}C$ ]

$t_i$  - výpočtová vnitřní teplota. [ $^{\circ}C$ ]

**Přirážkou** na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty  $t_i$ , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta  $Q_o$ .

Přirážka  $p_1$  na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí:  $p_1 = 0,15 \cdot k_c$

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [W/m^2K] \quad (3.20)$$

kde

$\sum S$  - celková plocha konstrukcí ohraničující místnost [ $m^2$ ]

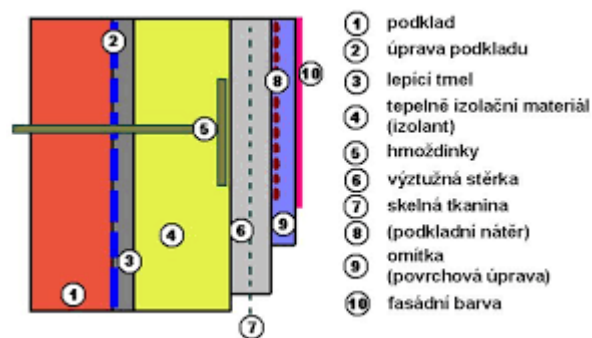
$t_i$  - výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}C$ ]

$t_{e1}$  - výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce [ $^{\circ}C$ ]

S přirážkou  $p_2$  na urychlení zátoku počítáme pouze v případě, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění.

O výši přirážky na světovou stranu  $p_3$  rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce a při více ochlazovaných konstrukcích je to poloha jejich společného rohu.

U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou největší. [L1,L5].



**Obrázek 5**  
*Ukázky řezu systému zateplení*

**Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí vypočítáme ze vztahu:**

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_i \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3.21)$$

kde:

$l_i$  - tloušťka vrstvy materiálu [m]

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]

$\alpha$  - součinitel přestupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$ ]

V jednotlivých tabulkách jsou kompletní údaje pro výpočty tepelných ztrát prostupem tepla, rozdělené na stolárnu a dílnu. Velikosti jednotlivých rozměrů stěn je v příloze č. 2. Zdi jsou označeny zkratkami světových stran. Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti  $\lambda$  jsou převzaty z tabulek [L9].

### 3.3.1 Tepelné ztráty místnosti stolárna

**a, výpočet tepelné ztráty pro SZ stranu zdi, která sousedí s venkovním prostředím.** Teploty jsou nadefinované na vnitřní 18 °C (výpočtová vnitřní teplota dle druhu vytápění místnosti - dřevařský průmysl- místnost řezání) a venkovní -12 °C (výpočtová venkovní teplota v oblasti Kroměříže) [L5]. Stěna se skládá z vnitřní omítky, šedých cihel a systému zateplení polystyrenem s venkovní omítkou, stejnou skladbu máme i u zdi JZ a JV.

skladby stěny	$\lambda$ součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]	$l$ tloušťka vrstvy materiálu [m]	$\alpha$ - součinitel přestupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$ ]
vnitřní stěna			8
vnitřní omítka vápená	0,87	0,015	
škvárobeton - šedá cihla	0,74	0,25	
polystyren EPS P fasádní	0,039	0,1	
vnější omítka perlitová	0,12	0,01	
venkovní stěna			23
<b>U součinitel prostupu tepla [<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}</math>]</b>	0,316		
<b>S plocha stěny SZ [m<sup>2</sup>]</b>	15,06		
<b>Tepelná ztráta stěny SZ [W]</b>	142,77 W		
<b>teplota vnitřní [°C]</b>	18	<b>teplota vnější [°C]</b>	-12



Tab. 4 výpočet tepelných ztrát SZ stěnou

**b, pro stěny JV a JZ**, které sousedí s venkovním prostředím sečteme velikost ploch, které jsou 22,5m<sup>2</sup> a odečteme plochu garážových vrat, jehož parametry jsou v následující tabulce. Pro výpočet použijeme součinitel prostupu tepla 0,316 W/m<sup>2</sup>K pro stěny viz. tab.4 a teplotní rozdíl 18-(-12) = 30 °C

stěny	m <sup>2</sup>	U součinitel prostupu tepla [W·m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	Tepelná ztráta konstrukcí
SZ	15,06	0,316	142,77 W
Okno+dveře SZ	3,69	0,9	99,63 W
JV+ JZ stěna	16,45	0,316	155,95 W
Garážové vrata	6,05	0,5	90,75 W
<b>celkem</b>			<b>489,1 W</b>

Tab. 5 výpočet tepelných ztrát SZ , JZ a JV stěnou

**c, výpočet tepelné ztráty stropem**, nad kterým je volný prostor s vaznicemi, na které je položena střešní krytina. bez izolace. Pro výpočtovou teplotu venkovní je dle tabulek zvolena teplota - 9 °C ( tab.3 ) [L9].

skladby stěny	λ součinitel tepelné vodivosti materiálu [W·m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	l tloušťka vrstvy materiálu [m]	α - součinitel přestupu tepla [W·m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
vnitřní stěna			8
sádrokarton	0,21	0,12	
Dřevo měkké /tok rovn.s vlákný	0,41	0,2	
tep.izolace Rockwool	0,04	0,28	
Vnitřní stěna			8
<b>U součinitel prostupu tepla [W·m<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>	<b>0,120</b>		
<b>S plocha stropu [m<sup>2</sup>]</b>	<b>47,25</b>		
<b>Tepelná ztráta stropu [W]</b>	<b>153,09 W</b>		
<b>teplota vnitřní [°C]</b>	<b>18</b>	<b>teplota vnější [°C]</b>	<b>-9</b>

Tab. 6 Výpočet tepelných ztrát stropem

**d, výpočet tepelné ztráty podlahou**, která se skládá s betonem, polystyrenem a je na základech 22 cm železobetonu s 20 cm pískem. Pro výpočtovou teplotu venkovní je dle tabulek [L5] zvolena přilehlé venkovní zeminy 5 °C.

skladby stěny	$\lambda$ součinitel tepelné vodivosti materiálu [W·m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	l tloušťka vrstvy materiálu [m]	$\alpha$ - součinitel přestupu tepla [W·m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
vnitřní stěna			8
beton	1,3	0,08	
polystyren	0,04	0,1	
železobeton	1,43	0,22	
písek	0,95	0,2	8
Vnitřní stěna			8
<b>U součinitel prostupu tepla</b> [W·m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	0,315		
<b>S plocha podlahou</b> [m <sup>2</sup> ]	47,25		
<b>Tepelná ztráta podlahou</b> [W]	<b>193,49W</b>		
<b>teplota vnitřní</b> [°C]	<b>18</b>	<b>teplota vnější</b> [°C]	<b>5</b>

Tab. 7 Výpočet tepelných ztrát podlahou

**e, celková tepelná ztráta prostupem tepla na stolárně:**

$$Q_{ps} = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

Dle vzorce 3.18 spočítáme celkové tepelné ztráty jednotlivých stěn dle tabulek 5,6,7:

$$Q_o = 489,1 + 153,09 + 193,49 = 835,68 \text{ W}$$

Určíme jednotlivé přírážky:

$$p_1 = k_c \cdot 0,15, \text{ kde určíme } k_c \text{ dle vztahu 3.19:}$$

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{835,68}{202,88 \cdot (18 + 12)} = 0,13$$

$$p_2 = 0, \quad p_3 = 0,05 \cdot (\text{SZ stěna})$$

$$Q_{ps} = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 835,68 \cdot (1 + 0,13 + 0 + 0,05) = 968,10 \text{ W}$$

### 3.3.2 Tepelné ztráty místnosti dílna

V předešlém výpočtu byly vypočítány jednotlivé součinitele prostupu U, které zahrneme do tabulky a pouze změníme jednotlivé obsahy stěn, stropu, oken a podlahy.

Největší unik by měl být stěnou situovanou na SV s třemi okny. Teplota budou stejné. Pro výšku stropu volíme rozměr 3,4 m. Vnitřní zdi sousedí s místnostmi, kde je také vnitřní teplota udávána 18 °C a tudíž nejsou žádné ztráty ani zisky tímto prostorem.

V tabulce je vyčíslení tepelných ztrát přes stěny.

Stěny	S [m <sup>2</sup> ]	Výpočtová teplota [°C]	U součinitel prostupu tepla [W·m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	Tepelná ztráta konstrukcí
SV	36,01	30	0,316	341,37 W
Okno	4,79	30	0,9	129,33 W
Strop	78,28	27	0,12	253,63 W
podlaha	78,28	13	0,315	320,56 W
<b>Celkem Q<sub>o</sub></b>				<b>1044,89 W</b>

Tab. 8 výpočet tepelných ztrát na dílně

**f) Celková tepelná ztráta prostupem tepla na dílně:**

$$Q_{ps} = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

Určíme jednotlivé přírážky:

$p_1 = k_c \cdot 0,15$ , kde určíme  $k_c$  dle vztahu 3.19:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{1044,89}{282,7 \cdot (18 + 12)} = 0,123$$

$p_2 = 0$ ,  $p_3 = 0,05$  (SV stěna)

$$Q_{pd} = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 1044,89 \cdot (1 + 0,123 + 0 + 0,05) = 1225,66 \text{ W}$$

### 3.3.3 Tepelná ztráta větráním

Tepelnou ztrátu větráním vypočítáme ze vzorce [L1,L5]

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.22)$$

Za objemový tok větracího vzduchu  $V_v$  dosadíme větší z hodnot vypočítaných průtoků, které vychází z hygienických a technologických požadavků  $V_{vH}$  a nebo z výpočtu přirozeného větrání infiltrací  $V_{vP}$

Vztahy pro výpočet:

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.23)$$

$V_m$  vnitřní objem prostoru [ $\text{m}^3$ ]

$n_h$  intenzita výměny vzduchu dle požadavků [-]

pro dílny je tato intenzita výměny vzduchu v rozmezí  $3-6 \text{ h}^{-1}$

Z kapitoly 3.1.4 je již množství výměny vzduchu vypočítáno, intenzita výměny vzduchu je dimenzována na hodnotu tj.  $3 \text{ h}^{-1}$ .

**$V_{vH}$  pak pro stolárnu je  $0,136 \text{ m}^3/\text{s}$  a pro dílnu  $0,205 \text{ m}^3/\text{s}$ .**

Druhý vztah pro výpočet vychází ze vztahu:

$$V_{vP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.24)$$

kde:

$i_{LV}$  součinitel spárové průvzdušnosti [ $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ ]

$L$  délka spár otvíratelných částí oken [m]

$B$  - charakteristické číslo budovy [ $\text{Pa}^{-0,67}$ ]

$M$  - charakteristické číslo místnosti. [-]

ČSN 73 0540-3 udávají hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří. ČSN 06 0210 udává kategorizaci objektů a určení hodnot  $B$  a  $M$  [L5, L6]

Pro charakteristické číslo budovy je zvoleno dle tabulek 8  $\text{Pa}^{-0,67}$  – normální krajina, nechráněná, osaměle stojící budovy.

Charakteristické číslo místnosti 0,7 je také dle tabulek, vnitřní dveře utěsněné s prahem dle velikosti  $\sum (i_{LV} \cdot L)$ .

**a, stolárna** - rohová stěna – 1 okno, dveře a garážová vrata

$$V_{vP, S} = (7,44 \cdot 10^{-4} + 5,12 \cdot 10^{-4} + 4,05 \cdot 10^{-4}) \cdot 8,07 = 6,495 \cdot 10^{-4} \cdot 8,07$$

$$V_{vP, S} = 36,36 \cdot 10^{-4} = 0,363 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

**b, dílna** – 3 okna

$$V_{vP, D} = (3,26 + 3,26 + 5,88) \cdot 0,08 \cdot 10^{-4} \cdot 8,07 = 5,555 \cdot 10^{-4} = 0,556 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Do vztahu pro výpočet tepelných ztrát větráním pak dle výpočtu dosadíme vyšší hodnoty objemového toku, což je ze vztahu prvního dle intenzity výměny vzduchu

**a, stolárna**

$$Q_{v, S} = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,136 \cdot (18 - (-12)) = 5304 \text{ W}$$

**b, dílna**

$$Q_{v, D} = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,204 \cdot (18 - (-12)) = 7956 \text{ W}$$

### 3.4 Celkový výpočet tepelných ztrát - shrnutí

Ve výše uvedených kapitolách jsme vypočítali tepelné ztráty prostupem, tepelné ztráty větráním a tepelné zisky.

V následující tabulce je celkový součet zisků a ztrát, které udává norma ČSN 02 0610 od tepelných zisků se počítají tepelné zisky od vnitřních zdrojů, které jsou v létě i v zimě stejné. Patří zde tepelné zisky od lidí, svítidel, elektromotorů a el. zařízení a ventilátorů.

Celkovou hodnotu vypočítám dle vztahu 3.16:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [W]$$

<b>Celkový výpočet tepelných ztrát [W]</b>					
	Tepelné zisky od vnitřních zdrojů $Q_z$				
<i>místnost</i>	<i>produkce tepla lidí</i>	<i>produkce tepla svítidel</i>	<i>produkce tepla elektromotorů</i>	<i>produkce tepla ventilátorů</i>	<i>celkem</i>
<b>stolárna</b>	160,6	280	2520	135,8	<b>3096,4</b>
<b>dílna</b>	401,5	350	2225	205,5	<b>3182,0</b>
	Tepelné ztráty				
	<i>Tepelné ztráty prostupem <math>Q_p</math></i>	<i>Tepelné ztráty větráními <math>Q_v</math></i>			
<b>stolárna</b>	968,10	5304			<b>6272,10</b>
<b>dílna</b>	1225,66	7956			<b>9181,66</b>
<b>Celková tepelná ztráta - dílna</b>				<b>3175,70 W</b>	
<b>Celková tepelná ztráta - stolárna</b>				<b>5999,66 W</b>	
<b>TEPELNÉ ZTRÁTY CELKEM</b>				<b>9175,36 W</b>	

Tab. 9 výpočet celkových tepelných ztrát

Celkový počet ztrát se bude pokrývat především vytápěním popřípadě vyrovnávat pomocí rekuperační jednotky z kapitoly 4.5. Některé výpočty budou dále použity pro návrh VZT jednotky a jejích rozvodů po stolárně a dílně.

## 4. NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY

### 4.1. Popis řešení

Čerstvý vzduch z exteriéru je nasáván proti dešťovou žaluzií na fasádě objektu. Odtud je veden do VZT jednotky tepelně izolovaným kruhovým potrubím SPIRO. VZT jednotka je zavěšena pod stropem místnosti stolárny. Veškerá potrubí vedoucí do jednotky jsou pružně uložena pro zamezení přenosu vibrací z jednotky na potrubí. Čerstvý vzduch je v jednotce filtrován, předehříván na deskovém rekuperátoru a dohříván dle potřeby teplovodním výměníkem. Krytí tlakových ztrát rozvodu přívodu vzduchu zabezpečuje ventilátor s EC motorem, který je součástí jednotky. Následně je čerstvý, tepelně upravený a filtrovaný vzduch distribuován do prostor stolárny č. 1.20 a dílny 1.18 textilními výústěmi s rovnoměrnou perforací a pracovní tlakovou ztrátou 120 Pa. Použití textilních vyústí je voleno z důvodu nižší výfukové rychlosti v co největší ploše a tak nedochází k turbulencím a víření brusného prachu.

Odvod vzduchu z dílny a stolárny je zabezpečen vyústkami na kruhovém přiznaném SPIRO potrubí pod stropem místností. Odtud je znehodnocený vzduch veden zpět do VZT jednotky, kde je filtrován a předá teplo na deskovém rekuperátoru. Následně je vyfukován potrubím nad střechu objektu.

Provoz VZT je možné řídit autonomním nástěnným ovladačem (součást jednotky). Výkon je možno regulovat. VZT jednotka bude napojena na silový jištěný přívod (profese ELEKTRO) zdroj topné vody (profese UT) a odvodněna (profese ZTI).

Pro návrh potrubí, distribučních prvků a VZT jednotky je potřeba znát množství výměny vzduchu v obou místnostech. Pro zjištění objemového množství vzduchu můžeme použít dvě nejčastější metody – dle intenzity výměny vzduchu a dle doporučené dávky výměny čerstvého vzduchu na osobu.

Prostředí dílny a stolárny se dá kvalifikovat dle hygienických norem jako 2B prostředí. Pro práci ve stoje je tabulkově určena množství výměny vzduchu  $70 \text{ m}^3/\text{h}$  na osobu [L1]. V prostředí stolárny budou pracovat dva lidé a na dílně pět lidí. Vzhledem k velikosti prostoru a druhu práce by se ve stolárně navýšilo množství vzduchu na osobu na trojnásobek tj.  $V = 70 \times 2 \times 3 = 420 \text{ m}^3/\text{h}$ . Na dílně se uvažuje s prací s ručními elektrickými nářadím, takže bychom uvažovali o dvojnásobném navýšení na osobu, tzn. na  $\dot{V} = 70 \times 5 \times 2 = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ .

U VZT jednotky je pro návrh použitý rovnotlaký systém výměny vzduchu, kde množství přiváděného vzduchu je roven množství odváděného vzduchu z jednotlivých místností.

Při výpočtu množství vzduchu v kapitole 3.1.4. vyšly výsledky pro stolárnu  $\dot{V}_s = 490 \text{ m}^3/\text{h}$  a pro dílnu  $\dot{V}_d = 740 \text{ m}^3/\text{h}$ . Hodnoty jsou o něco vyšší než u vypočítaných hodnot výměny vzduchu na osobu, proto je použijeme pro další výpočty. Celkové objemové množství vzduchu je tedy  $\dot{V} = 1230 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 4.2. Návrh distribučních prvků

Správný výběr distribučních prvků ve vzduchotechnice nám zajistí nejen výměnu vzduchu dle požadavků norem, ale i nízké ekonomické náklady na provoz. Při popisu řešení již bylo uvedeno, že při přívodu vzduchu jsou použité následující prvky:

- textilní výustky
- protideštové žaluzie
- regulační klapky

Při odtahu jsou použity obdélníkové výustě vsazené do potrubí SPIRO.

### **4.2.1. Vyústky**

V projektu jsou pro přívod vzduchu použity velkoplošné textilní vyústky s mikroperforací, které jsou cenově dostupné, mají snadnou montáž a jednoduchou údržbu (dají se vyprat). Právě využití textilních vyústí nám zabezpečí co nejnižší výfukové rychlosti v co největší ploše a tak nebude docházet k turbulencím a víření prachu, které na stolárně vzniká. Určení délky tkaninových vyústek a potrubí závisí především na dispozici prostoru. Obecně lze stejný průtok vzduchu dopravit do prostoru vyústkou dlouhou 1 až 200 m. Záleží jen na použitém materiálu, jeho úpravě a dopravním tlaku ventilátoru. Textilní potrubí bude zavěšeno na laně, dle obr.7, v příloze č.6 jsou ukázky napojení a koncového zakončení vyústek.

V návrhu jsou použity dvě vyústky, jedna na stolárnu jako vedlejší větev s přívodem vzduchu  $490 \text{ m}^3/\text{h}$  a druhou je zajištěn přívod vzduchu na dílnu o velikosti  $740 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pro správné nafouknutí vyústí je potřeba zajistit přetlak minimálně 50 Pa, z důvodů délky potrubí použijeme přetlak 120 Pa.



**Specifikace vyústky na stolárně z výpočtů od firmy Příhoda:**

Vzduchové potrubí šité na míru - počet kusů : 1

Tvar kruhový o rozměru 200 mm

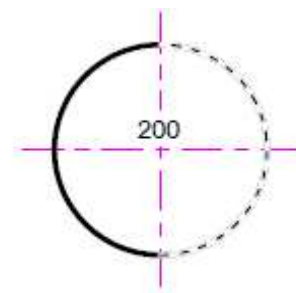
Celková délka 5250 mm

Průtok 490 m<sup>3</sup>/h

Použitelný přetlak 120 Pa

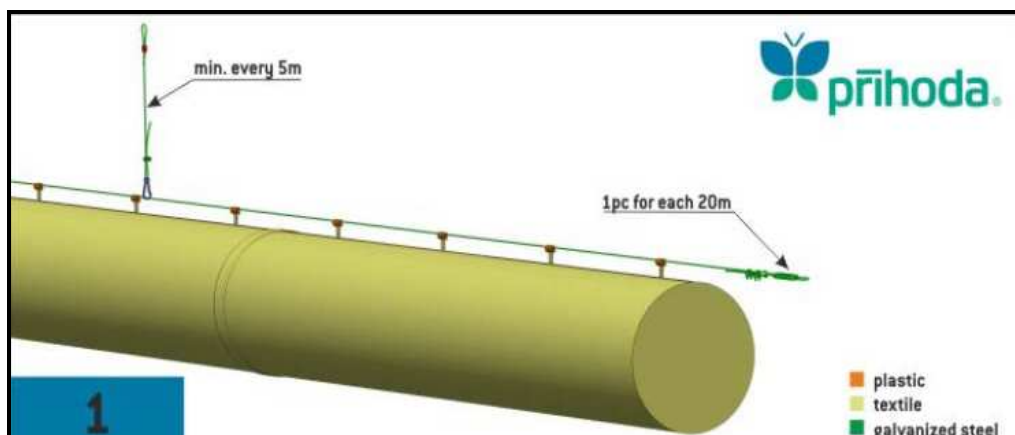
Vypočítaná tlaková ztráta třením 2,1 Pa

Mikroperforace :S1 A 5150mm, 351m<sup>3</sup>/h, Směr/Oblast 90/180



*Obrázek 6 ukázka zvolené mikroperforace*

Typ tkaniny: tkanina PMS - 100 % polyester, nekonečné vlákno (multifilament), hmotnost 200 g/m<sup>2</sup>, tloušťka 0,30 mm, prodyšnost 55 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> při 120 Pa, pevnost (osnova/útek) 830/1020 N (ČSN EN ISO13934-1), požární odolnost - třída B-s1, d0 dle ČSN EN 13501- +A1:2010, teplotní odolnost -60 až +110°C, srážlivost (osnova/útek) 0,5/0,5 % při 40°C dle ČSN EN ISO 6330-2000, pratelná v pračce, barva světle šedá



*Obrázek 7 montáž textilní vyústky pomocí lankového závěsu*

Seznam montážního materiálu:

- 1ks 10150 mm plastované pozink lanko
- 4ks pozink zámky
- 1ks pozink napínáky
- 1ks lankový závěs pozink 500 mm
- 12ks plastové háčky 32 mm
- 1ks kruhový 200 mm nerez připojovací pásek

**Specifikace vyústky na dílně z výpočtů od firmy Příhoda:**

Vzduchové potrubí šité na míru - počet kusů : 1

Tvar kruhový o rozměru 200 mm, celková délka 9200 mm

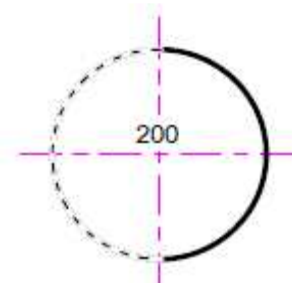
První konec zaslepení, druhý konec zaslepení, 1ks zip 200

Průtok 740 m<sup>3</sup>/h

Použitelný přetlak 120 Pa

Tlaková ztráta třením = 18,7 Pa

Počet vstupů vzduchu 1 - 1 nástavec kruhový 200, začátek



***Obrázek 8 rozmístění zvolené mikroperforace***

Tkanina: PMS - 100 % polyester, nekonečné vlákno (multifilament), hmotnost 200 g/m<sup>2</sup>, tloušťka 0,30 mm, prodyšnost 55 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> při 120 Pa, pevnost (osnova/útek) 1830/1020 N (ČSN EN ISO 13934-1), požární odolnost - třída B-s1, d0 dle ČSN EN 13501-1+A1:2010, teplotní odolnost -60 až +110°C, srážlivost (osnova/útek) 0,5/0,5 % při 40°C dle ČSN EN ISO 6330-2000, pratelná v pračce, barva světle šedá

Seznam montážního materiálu:

1ks 14200 mm plastované pozink lanko

4ks pozink zámky

1ks pozink napínáky

2ks lankový závěs pozink 500 mm

20ks plastové háčky 32 mm

1ks kruhový 200 mm nerez připojovací pásek

Mikroperforace: S1 A 9200mm, 496m<sup>3</sup>/h, směr/oblast 270/180

**4.2.2. Protidešťová žaluzie**

Protidešťová žaluzie na přívodu je volena od firmy Elektrodesing [L13] typ TWG 315 s kruhovým přechodem viz. příloha č. 4.

#### 4.2.3. Regulační klapky

Při přívodu vzduchu do textilních vyústek bude namontována ruční regulační klapka od firmy VENTILA Vzduchotechnika s.r.o. [L12]. Je vyrobena z pozinkované plachy dle DIN EN 1506 a DIN EN 12237 v průměrech od 80 mm do 800 mm (větší průměry žaluziová klapka s kruhovým napojením). List klapky je



**Obrázek 9 reg. klapka**

plný, zkrácený po obou stranách a nastavitelný 0 – 90°. Klapka má ruční ovládání, ovladač OK-10. Speciální provedení může být vyrobeno s přípravou pro servo, s elektrickým ovládáním. Je možná instalace lisu přímo do roury či tvarovky.

#### 4.2.4. Obdélníkové výústě pro větev odtahu

Obdélníkové výústky pro kruhové potrubí se používají k usměrnění a regulaci průtoku vzduchu u vzduchotechnických zařízeních. Výústky se používají pro přívod nebo odvod vzduchu dle typu instalace. Montáž - standardní upevnění pomocí šroubů.

Pro odtah je navrženo vedení SPIRO potrubím a z toho důvodu lze do kruhového potrubí namontovat obdélníkové výústky, které by měly mít na odtahu na max. 2 – 4 m/s v ploše.

Pro stolárnu máme spočítán objemový průtok  $\dot{V}_s = 490 \text{ m}^3/\text{h}$

Navrhne počet vyústek:  $n = 3 \text{ ks}$

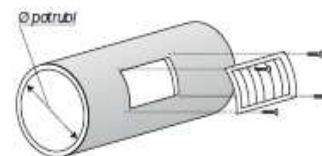
Vypočítáme objemový průtok na jednu vyústku:

$$\dot{V}_{s1} = \dot{V}_s / n \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.1)$$

$$\dot{V}_{s1} = 490 / 3 = 163,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

Z hlediska regulace budou dvě vyústky s 163 m<sup>3</sup>/h a jedna 164 m<sup>3</sup>/h.

Z katalogu Elektrodesing [L13] je pro takové množství vzduchu ideální obdélníková vyústka KVK 300 x 75, která má parametry: rozsah od 100-220 m<sup>3</sup>/h, max. 38dB a tlaková ztráta se pohybuje v rozmezí od 5 do 20 Pa dle objemu vzduchu.



**Obrázek 10 způsob montáže**

Pro dílnu je objemový průtok  $\dot{V}_d = 740 \text{ m}^3/\text{h}$

Z hlediska velikosti místnosti navrhne 5 ks vyústek.



$$\dot{V}_{s2} = 740 / 5 = 148 \text{ m}^3/\text{h}$$

I pro tento výpočet použijeme stejnou vyústku jako na dílně KVK 300x75.

Vyústky jsou určena do kruhového potrubí s nastavitelnými listy a roztečí 20 mm.

**Obrázek 11 vyústka**

Jsou vyrobeny z ocelového plechu. Komfortní KVK jsou opatřeny bílou vypalovací barvou RAL 9010. Průmyslové vyústky KVP mají rám opatřený světle šedou vypalovací barvou RAL 7035 nebo se dodávají pouze v galvanizovaném provedení, listy jsou hliníkové (přírodní elox). Regulace jsou vyrobeny z pozinkovaného plechu. Na vyžádání je možné dodat mřížky z mědi a nerezové oceli AISI 304 a AISI 316.

Pro vyústky se spočítá výtoková rychlost  $w$ . Z katalogu je pro vyústku typu KVK 300 x 75 udávána výtoková plocha  $A_x = S = 0,011775 \text{ m}^2$  [L13]

Použijeme již uvedené objemové průtoky na jednu vyústku, které jsou pro stolárnu  $163 \text{ m}^3/\text{h}$  a dílnu  $148 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ze vzorce

$$w = \frac{1}{S \cdot 3600} \cdot \dot{V}_{s1} \quad [\text{m/s}] \quad (4.2)$$

$\dot{V}_{s1}$  - objemový průtok jedné vyústky [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

$w$  - rychlost proudění [ $\text{m/s}$ ]

$S$  - plocha [ $\text{m}^2$ ]

Rychlost proudění pro vyústky na stolárně je:

$$w_{s1} = \frac{1}{0,011775 \cdot 3600} \cdot 163 = 3,85 \text{ m/s}$$

Rychlost proudění pro vyústky na dílně je:

$$w_{s2} = \frac{1}{0,011775 \cdot 3600} \cdot 148 = 3,49 \text{ m/s}$$

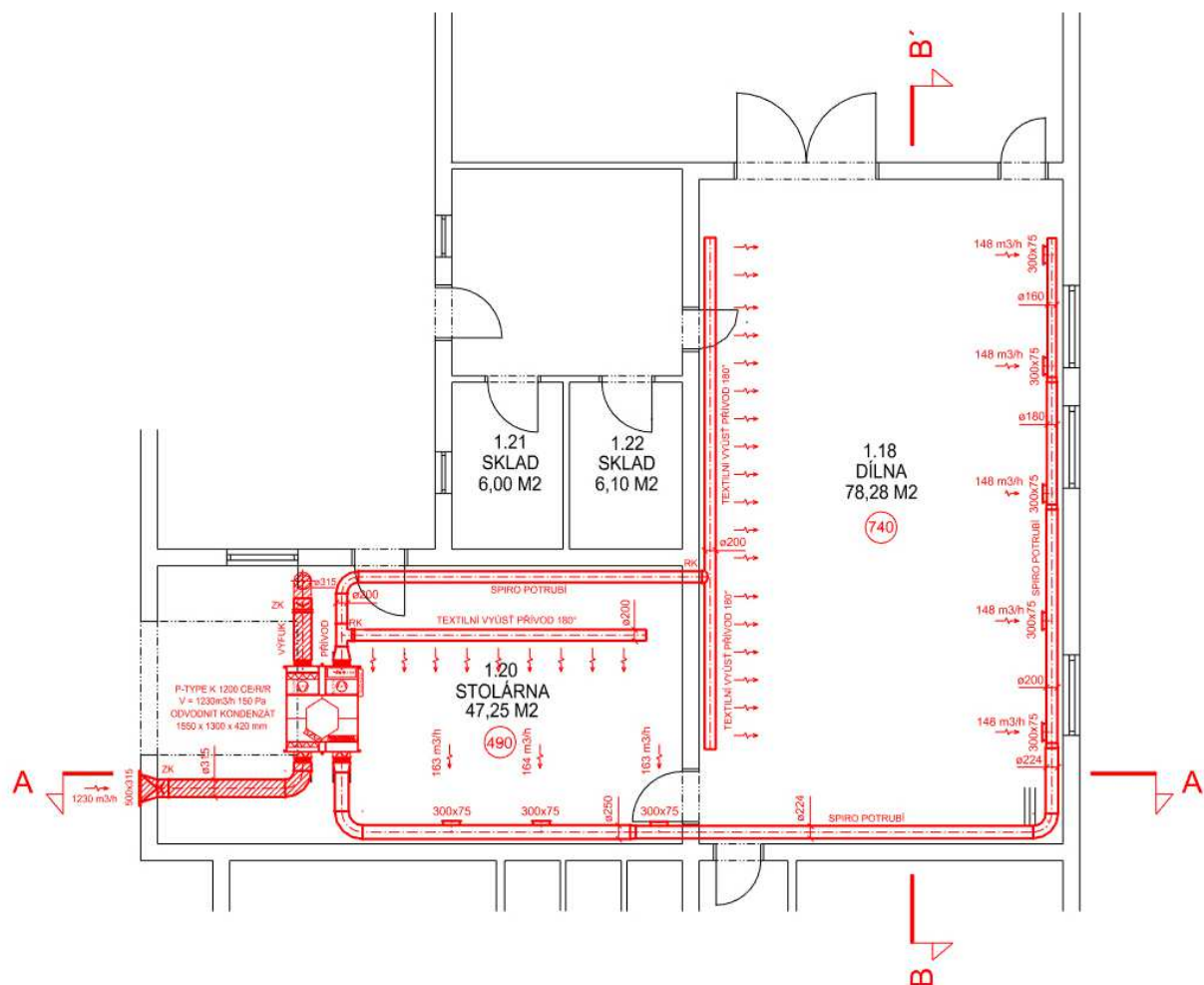
### 4.3. Návrh potrubí

Pro návrh potrubí je důležité vypočítat tlakovou ztrátu v potrubí a rychlost v jednotlivých dílech potrubní sítě. Ze zkušenosti projektantů je ideální zvolit kruhové potrubí SPIRO. Je to spirálně vinutá roura SPIRO, která je vyrobena z pozinkovaného plechu. Je určena pro rozvody vzduchu. Spojovat potrubí lze pomocí vsuvky. Spoj je možné zajistit samořeznými šrouby. Zavěšení se provádí pomocí kovových objímek. Standardní výrobní délka 3m.



Na obrázku 12 je ukázka potrubí, v příloze 9 je ukázka napojování jednotlivých dílů potrubí. V příloze 7 jsou vyobrazeny jednotlivé tvary a připojovací prvky.

**Obrázek 12 potrubí SPIRO**



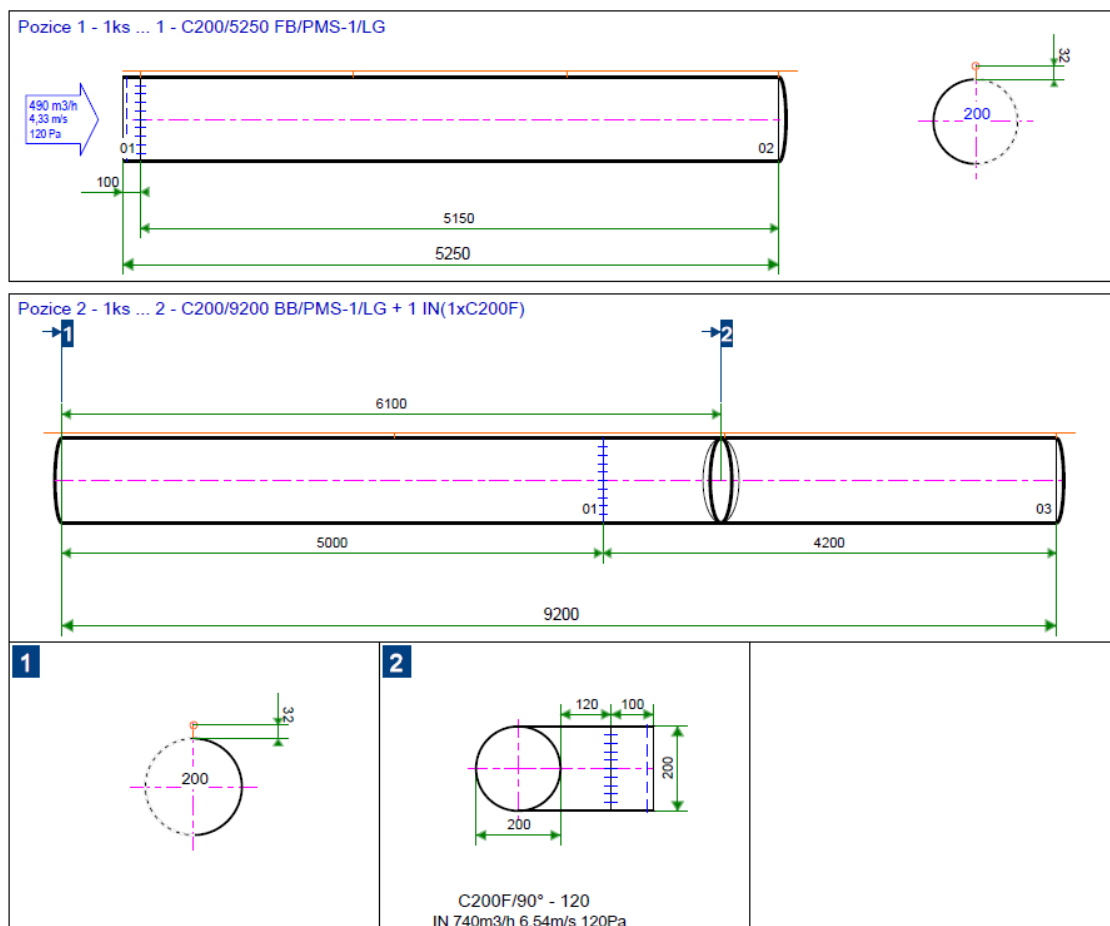
**Obrázek 13**  
*prostorové schéma vedení VZT v místnostech stolárna a dílna*

### 4.3.1. Návrh potrubí přívodní větev

Při návrhu potrubí je nutné znát především objemový průtok jednotlivých větví a rozvrstvení jednotlivých distribučních prvků. Do VZT jednotky, jak již bylo v popisu řešení je přiváděn venkovní čistý vzduch přes protidešťovou žaluzii pomocí SPIRO potrubí, které je izolováno. Z jednotky vystupuje na stolárně pomocí SPIRO potrubí, kde se větví na větev ve stolárně hlavní větev, která vede na dílnu. Oba konce jsou napojeny na textilní vyústky, které byly již spočítány od firmy Příhoda. Větev ve stolárně má velikost 5,25 m a na dílně 9,2 m. Na obrázku a v tabulce jsou vypsány hodnoty průtoku, tlakové ztráty třením a průtočná rychlost. [L11].

Jednotlivé SPIRO potrubí vypočteme odečtem z diagramu pro návrh potrubní sítě. Určíme si měrnou tlakovou ztrátu  $R$  na 1 metr potrubí, která pro výpočet je stanovena na 1,5 Pa/m.

Rozdělíme jednotlivé objemové průtoky ve větvích a dle nich odečteme z diagramu (příloha 8) nejbližší možnou velikost potrubí  $D$ . Poté spočítáme obsah  $S$  tohoto potrubí a vypočteme skutečnou rychlost proudění  $w$  v jednotlivých blocích potrubí. [L4].



Obrázek 14 návrh textilních vyústí od firmy Příhoda

	V	R - volené	D odečtené	D	S	w
	m <sup>3</sup> /h	Pa/m	D (mm)	m	m <sup>2</sup>	m/s
hlavní větev přívodu						
textilní vyústka	740		200	0,2	0,031	6,540
spiropotrubí	740	1,5	200	0,2	0,031	6,546
přívod z venku	1230	0,8	315	0,315	0,078	4,386
větev 2						
textilní vyústka	490		200	0,2	0,031	4,330

Tab. 10 Výpočet přívodní větve (dimenzování potrubí, výpočet rychlosti průtoku)

#### 4.3.2. Návrh potrubí odtahu

U potrubí na odtah vede potrubí z dílny s pěti vyústkami, při celkovém odtahu 740 m<sup>3</sup>/h. Úseky jsou rozděleny od vyústí k vyústí po 148 m<sup>3</sup>/h na dílně a dále pokračuje potrubí na stolárnu do jednotky, kde jsou umístěny ještě další tři vyústí s odvodem vzduchu 163 m<sup>3</sup>/h, 164 m<sup>3</sup>/h a 163 m<sup>3</sup>/h.

Tak jako na přívodu vzduchu, určíme měrnou tlakovou ztrátu  $R = 1,5 \text{ Pa/m}$ , zakreslíme do diagramu (příloha 8), odečteme průměry potrubí dle jednotlivých průtoků a přepočítáme rychlost vzduchu v jednotlivých úsecích podle vztahu 4.2.

$$w = V / S \cdot 3600 \quad [\text{m/s}]$$

Při poslední vyústce se s odtahem 148 m<sup>3</sup>/h bylo v diagramu při odečtení  $R$  pouze dimenzováno potrubí o průměru 125 mm, ale v tabulce je zadáno větší 160 mm, tím se sice zmenšila rychlost v potrubí, ale je možné namontovat na tento rozměr obdélníkovou vyústku, která je v praxi dimenzována až na potrubí o velikosti 150 mm.

	V	R - volené	D - odečtené	D	S	w
počet výpustek	m <sup>3</sup> /h	Pa/m	Mm	m	m <sup>2</sup>	m/s
1	148	1,5	160	0,16	0,020	2,046
2	296	1,5	160	0,16	0,020	4,091
3	444	1,5	180	0,18	0,025	4,849
4	592	1,5	200	0,2	0,031	5,237
5	740	1,5	224	0,224	0,039	5,219
6	903	1,5	224	0,224	0,039	6,368
7	1067	1,5	250	0,25	0,049	6,041
8	1230	1,5	250	0,25	0,049	6,964
odtah ven	1230	1,5	315	0,315	0,078	4,386

Tab. 11 Výpočet odtahové větve (dimenzování potrubí, výpočet rychlosti průtoku)

## 4.4. Výpočet tlakových ztrát

### 4.4.1. Výpočet třecích ztrát

Tlakové ztráty třením vznikají po celé délce potrubí a závisí především na součiniteli tření  $\lambda$ , který je závislý na Re čísle, tj. druhu proudění a na drsnosti materiálu [L7,L8].

Zvolíme si nejdřív jednotnou průtokovou rychlost na všech úsecích dle tabulky pro , zjistíme ze vztahu (4.2.) objemový průtok. Při výpočtu Re zjistíme, jestli jsme v oblasti laminárního nebo turbulentního proudění, použijeme potřebný vzorec pro výpočet součinitele třecích ztrát při znalosti relativní drsnosti potrubí. Dále třecí ztráty vypočteme z následujícího vzorce:

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (4.3)$$

- $\lambda$  - součinitel tření [-]
- $D$  - průměr potrubí [m]
- $L$  - délka potrubí [m]
- $w$  - rychlost proudění [m/s]
- $\rho$  - hustota vzduchu  $\rho = 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Pro zjištění proudění v trubce je potřeba vypočítat Reynoldsovo kritérium dle vzorce:

$$R_e = \frac{w \cdot d_{ekv}}{\nu} \quad [-] \quad (4.4)$$

- $\nu$  - kinematická viskozita při  $t = 20^\circ\text{C}$  a  $p = 101,3 \text{ kPa}$  ,  $\nu = 0,0000156 \text{ [m}^2\text{/s]}$
- $d_{ekv}$  - ekvivalentní průměr potrubí, u kruhového  $D = d_{ekv} \text{ [mm]}$

U kruhového potrubí se tento průměr rovná průměru navrhovaného potrubí. Pouze v případě čtyřhranného potrubí by se musel přepočítat.

Nejdříve si zvolíme rychlost proudění, v našem případě budeme počítat na přívodu i odvodu s rychlostí  $w = 5 \text{ m/s}$ . Z již naddimenzovaných potrubí (tab.10,11) vypočítáme obsah  $S$  potrubí a následně objemový průtok  $\dot{V}$  dle vzorce 4.2.

**Použijeme průměr potrubí  $D$  na vstupu u přívodu 315 mm.**

$$\dot{V} = S \cdot w = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot w = 3,14 \cdot \frac{0,315^2}{4} \cdot 5 = 0,389 \text{ m}^3\text{/s} = 1402 \text{ m}^3\text{/h}$$



Vypočítáme hodnotu  $Re$  z (4.4):

$$R_e = \frac{w \cdot d_{ekv}}{\nu} = \frac{5,0,315}{0,000156} = 100961,538$$

Z vypočítané hodnoty  $Re$  vyplývá, že se jedná o turbulentní proudění. Proto musíme posoudit na základě znalosti průměru potrubí  $D$  a absolutní drsnosti potrubí  $k$ , zda se potrubí chová jako hydraulicky hladké nebo drsné. Na základě tohoto zjištění použijeme správný vztah pro  $\lambda$ .

Pro SPIRO potrubí (pozinkovaný plech) se stanoví absolutní drsnost potrubí  $k = 0,15$  mm [L6]. Dosadíme do vzorce pro relativní drsnost potrubí:

$$\varepsilon = \frac{k}{D} \quad [-] \quad (4.5)$$

$\varepsilon$  - relativní drsnost potrubí  $[-]$

$k$  - absolutní drsnost potrubí  $[mm]$

$D$  - průměr potrubí  $[mm]$

$$\varepsilon = \frac{k}{D} = \frac{0,15}{315} = 0,000476 = 4,8 \cdot 10^{-4}$$

Podmínka pro drsné potrubí je  $\frac{30}{Re^{0,875}} < \varepsilon = \frac{k}{D}$

a podmínka pro hydraulicky hladké potrubí je  $\varepsilon = \frac{k}{D} \leq \frac{30}{Re^{0,875}}$

Vypočítáme hodnotu vztahu:  $\frac{30}{Re^{0,875}} \quad [-] \quad (4.6)$

$$\frac{30}{Re^{0,875}} = \frac{30}{100961,538^{0,875}} = 0,00125$$

Z porovnání výsledků  $\varepsilon = 4,8 \cdot 10^{-4} \leq 0,00125$  vyplývá, že se jedná o hydraulicky hladké potrubí a můžeme stanovit vztah pro výpočet součinitele tření dle Blasiova vztahu [L8]:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad [-] \quad (4.7)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{100961,538^{0,25}} = 0,01775$$

Všechny hodnoty zapíšeme do tabulky č.12. Zjistíme délku počítaného potrubí, která je z výkresové dokumentace  $L = 2,1$  m a dosadíme do vzorce (4.3) k vypočítání třecí tlakové ztráty na daném úseku potrubí.

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0,01775 \cdot \frac{2,1}{0,315} \cdot \frac{1,25^2}{2} = 1,77 \text{ Pa}$$

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	v	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
textilní výústka hlavní větve	5	200	0,2	0,031	565,2	64102,564	0,15	0,00075	0,00187	0,01988	9,2	13,72
spiropotrubí	5	200	0,2	0,031	565,2	64102,564	0,15	0,00075	0,00187	0,01988	6,72	10,02
textilní výústka	5	200	0,2	0,031	565,2	64102,564	0,15	0,00075	0,00187	0,01988	5,25	7,83
<b>přívod z venku:</b>	<b>5</b>	<b>315</b>	<b>0,315</b>	<b>0,078</b>	<b>1402</b>	<b>100961,538</b>	<b>0,15</b>	<b>0,00048</b>	<b>0,00125</b>	<b>0,01775</b>	<b>2,1</b>	<b>1,77</b>
Celkové tlakové ztráty třením - přívod												33,35

Tab. 12 Vypočtené hodnoty třecí tlakové ztráty přívodního potrubí při zvolené rychlosti 5m/s

Pro další navrhnuté úseky potrubí na přívodu dle tab. 10 vypočítáme zbylé hodnoty třecí tlakové ztráty dle popsaného postupu výpočtu. Všechny hodnoty zapíšeme do tabulky a spočítáme celkovou třecí tlakovou ztrátu potrubí na přívodu pro zvolenou rychlost 5m/s, která v tomto případě činí 33,35 Pa.

Stejný postup volíme i při výpočtu odtahového potrubí. Celková tlaková ztráta třením při odtahu vychází na 36,73 Pa.

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	v	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
1	5	160	0,16	0,020	361,7	51282,051	0,15	0,00094	0,00227	0,02103	2	3,94
2	5	160	0,16	0,020	361,7	51282,051	0,15	0,00094	0,00227	0,02103	2,2	4,34
3	5	180	0,18	0,025	457,8	57692,308	0,15	0,00083	0,00205	0,02042	2,2	3,74
4	5	200	0,2	0,031	565,2	64102,564	0,15	0,00075	0,00187	0,01988	2	2,98
5	5	224	0,224	0,039	709,0	71794,872	0,15	0,00067	0,00169	0,01933	8	10,35
6	5	224	0,224	0,039	709,0	71794,872	0,15	0,00067	0,00169	0,01933	2,1	2,72
7	5	250	0,25	0,049	883,1	80128,205	0,15	0,00060	0,00154	0,01881	1,62	1,83
8	5	250	0,25	0,049	883,1	80128,205	0,15	0,00060	0,00154	0,01881	2,3	2,60
odtah	5	315	0,315	0,078	1402,0	100961,538	0,15	0,00048	0,00125	0,01775	5	4,23
Celkové tlakové ztráty třením - odtah												36,73

Tab. 13 Vypočtené hodnoty třecí tlakové ztráty odtahového potrubí při zvolené rychlosti 5m/s

Je potřeba ale vždy kontrolovat, zda díky některým hodnotám se nezmění oblast proudění nebo potrubí hydraulicky hladké, které vyplynulo z podmínky pro drsnost potrubí se nezmění na potrubí drsné.

Pro určení odporové charakteristiky potrubí je potřeba vypočítat tlakové ztráty třením pro více rychlostí. Proto v příloze 10 jsou v tabulkách vypočítány hodnoty tlakových ztrát pro rychlosti udávaných dle tabulek pro druh budovy – průmyslová v hodnotách 6,7,8,9 m/s [L4]

#### 4.4.2. Výpočet tlakových ztrát místních odporů

Ztráty místními odpory vznikají na všech tvarovkách (kolena, difuzory, rozbočky), na vstupních a výstupních elementech a regulačních členech. Vypočítáme je dosazením součinitele místního odporu z tabulek a dokumentace výrobců [L4, L9, L12, L13] do vztahu:

$$\Delta p_m = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (4.8)$$

$\Delta p_m$  - tlaková ztráta místními odpory [Pa]

$\xi$  - součinitel místního odporu [-]

Při výpočtu tlakových ztrát jsme volili různé hodnoty rychlostí 5-9 m/s, které použijeme i při výpočtech místních tlakových ztrát viz příloha 10,11 – tabulky výpočtů.

Pro koleno 315mm, 90° na přívodní větvi je součinitel místního odporu 0,26. Za rychlost dosadíme hodnotu 5 m/s a vypočítáme:

$$\Delta p_m = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0,26 \cdot \frac{1,2 \cdot 5^2}{2} = 3,9 \text{ Pa}$$

Přívodní větev potrubí	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
žaluzie		5	25,0
koleno	0,26	5	3,9
přechodka	0,06	5	0,9
odbočka	0,4	5	6,0
koleno	0,26	5	3,9
odbočka příváděcí	1,3	5	19,5
regulační klapka		5	1,5
Celkové místní ztráty - přívod	60,7		

**Tab. 14** Vypočtené hodnoty místních tlakových ztrát  
přívodního potrubí při zvolené rychlosti 5m/s

Větev odtahu	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
vyústka			10
přechod	0,04	5	0,6
přechod	0,04	5	0,6
přechod	0,04	5	0,6
koleno	0,26	5	3,9
přechod	0,04	5	0,6
koleno	0,26	5	3,9
přechod	0,06	5	0,9
koleno	0,26	5	3,9
výfuk	1,2	5	18
Celkové místní ztráty - odtah	43		

**Tab. 15** Vypočtené hodnoty místních tlakových ztrát – větev odtahu

#### 4.4.3. Výpočet celkových tlakových ztrát

Celkové tlakové ztráty jsou součtem tlakových ztrát třením a tlakových ztrát místními odpory.

$$\Delta p = \Delta p_t + \Delta p_m \quad [\text{Pa}] \quad (4.8)$$

$\Delta p$  - celkové tlakové ztráty [Pa]

Pro rychlost  $w = 5 \text{ m/s}$  jsou z tabulek odečteny následující hodnoty:

pro větev přívodu:  $\Delta p = 33,35 + 60,70 = 94,05 \text{ Pa}$

	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$
přívod	5	6	7	8	9
Celkové tlakové ztráty třením	33,35	45,88	60,09	75,9	93,28
Celkové ztráty místní	60,70	75,75	93,53	114,05	137,31
Celkové tlakové ztráty	94,05	121,63	153,62	189,95	230,59
Max. objemový průtok	1402	1683	1963	2243	2524

Tab. 16 Vypočtené hodnoty celkové tlakové – přívod

Ostatní tlakové ztráty jsou uvedeny v tabulce 16 a převzaty z příloh 10,11.

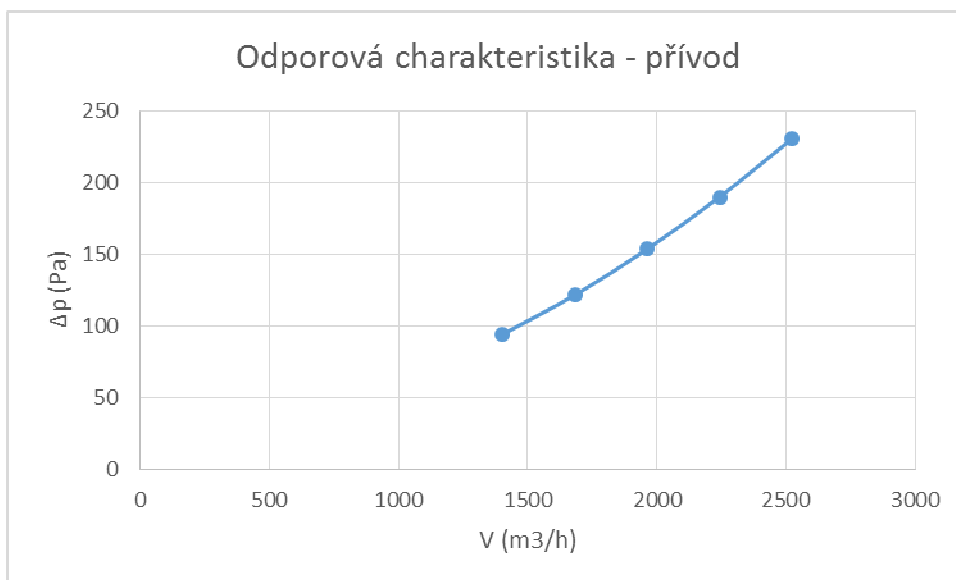
Pro větev odtahu:

	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$
odtah	5	6	7	8	9
Celkové tlakové ztráty třením	36,73	50,53	66,18	83,6	102,73
Celkové ztráty místní	43	57,52	74,68	94,48	116,92
Celkové tlakové ztráty	79,73	108,05	140,86	178,08	219,65
Max. objemový průtok	1402	1653	1963	2243	2523

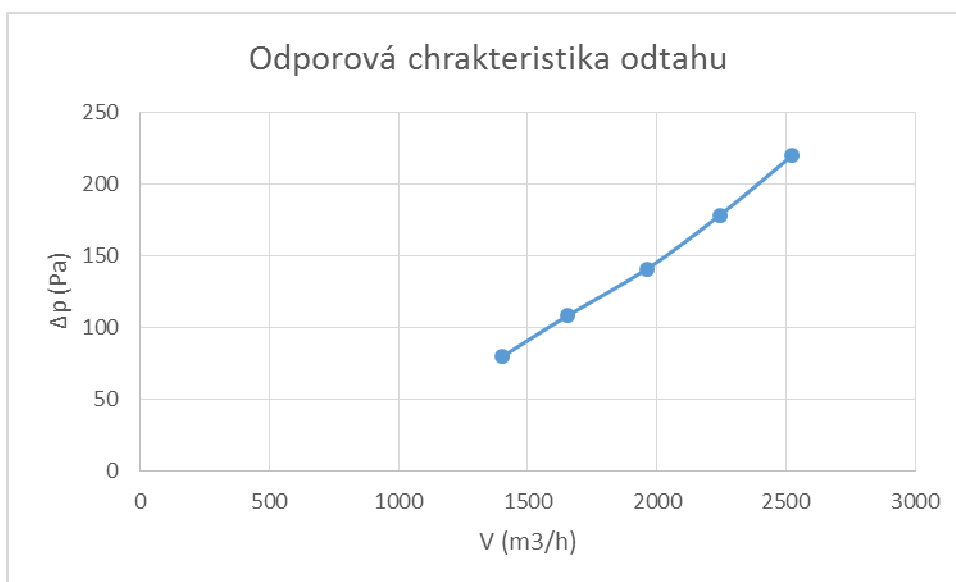
Tab. 17 Vypočtené hodnoty celkové tlakové – odtah

#### 4.4.4. Stanovení odporové charakteristiky potrubní sítě

Dle tabulek v kapitole 4.4.3 znázorníme odporovou charakteristiku na přívodu a na odvodu. Ke každé hodnotě rychlosti je vypočítána maximální objemový průtok, který zavedeme do grafu.

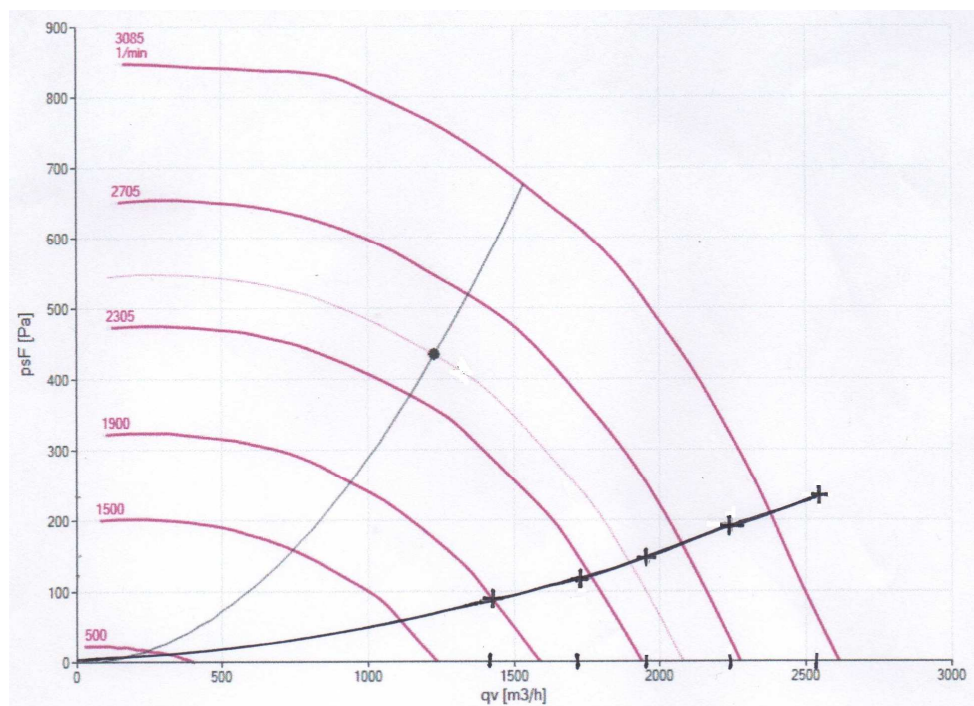


Graf 1 Odporová charakteristika přívodní větve

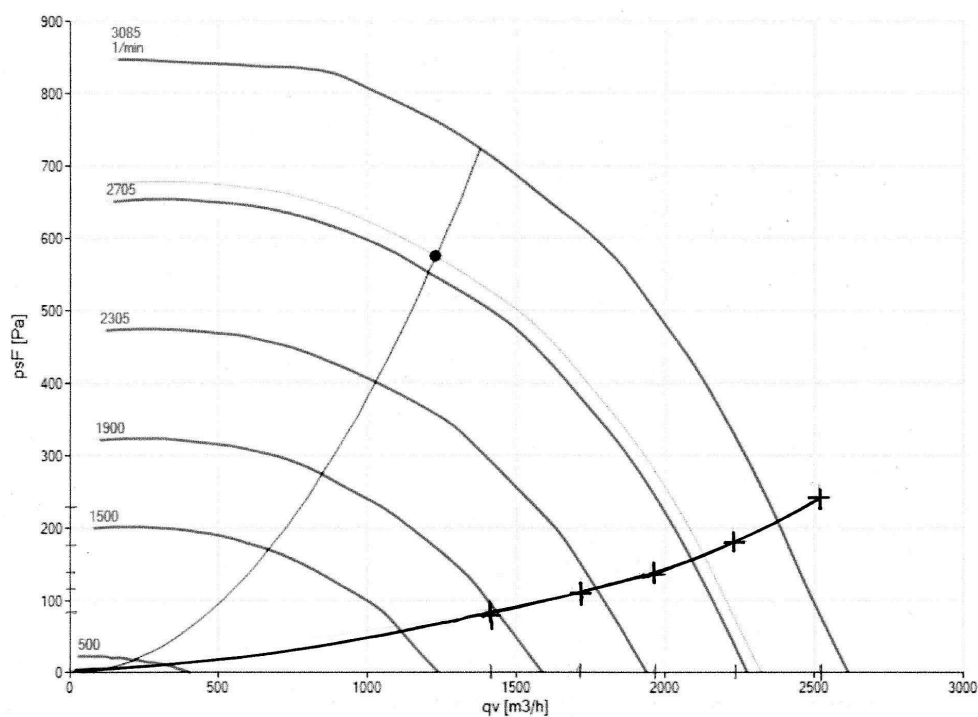


Graf 2 Odporová charakteristika odtahu

Následně do charakteristiky ventilátorů v rekuperační jednotce, získanou od výrobce (viz Příloha 12) zakreslíme sestavenou odporovou charakteristiku (viz Graf 3 a Graf 4)



Graf 3 Odporová charakteristika přívodu



Graf 4 Odporová charakteristika odtahu

Z grafu je zřejmé, že ventilátory osazené v navržené jednotce jsou dimenzovány na vyšší tlakové ztráty a jsou schopny tak požadované množství vzduchu dopravit i při snížených otáčkách.

#### 4.5. Rekuperační jednotka

V předchozích kapitolách bylo počítáno s výměnou vzduchu pro obě místnosti 1230 m<sup>3</sup>/h. Z tohoto důvodu je možné vybrat jednu rekuperační jednotku pro stolárnu a dílnu.

Do návrhu je vybrána rekuperační jednotka P-TYPE k 1200 od firmy SERAK-TECH .s.r.o. [L14] s vodním ohřevem, která je navržena pro úsporu tepelné energie pomocí rekuperace a je jedním z komponentů pro šetření energie užívaných v budovách i jiných prostorech. (příloha 12) Tento typ má podstropní provedení a bude zavěšen dle výkresové dokumentace pod stropem ve stolárně.

Parametry jednotky jsou:

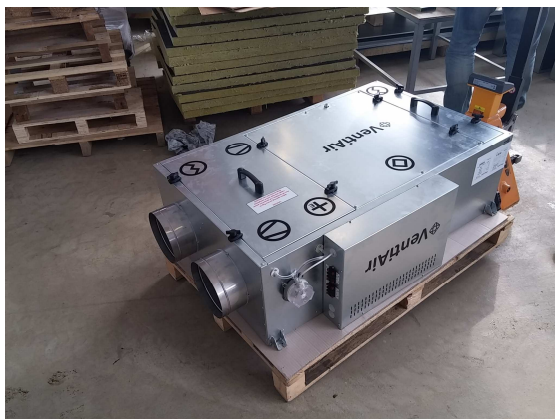
Typ jednotky	Přívodní - odtahová
TYP	P-TYPE K
KÓD	P-TYPE K 1200 CE/R/R
PROVEDENÍ	Vnitřní podstropní
POPIS	VZT
VELIKOST	1200
Průtok na přívodu	1230 m <sup>3</sup> /h
Externí tlak	150 Pa
Průtok na odtahu	1230 m <sup>3</sup> /h
Externí tlak	150 Pa
SFP (EN13779:2007)	1,45 kW/m <sup>3</sup> s
HMOTNOST	185 [kg] +/- 10%



*Obrázek 15 zavěšení rekuperační jednotky*

Jednotka je navržena pro zajištění trvalého kontrolovaného oběhu vzduchu mechanickou ventilací v domech, kancelářích, hotelech, kavárnách, konferenčních sálech a dalších

větraných místnostech a prostorech. Využívá tepelnou energii odpadního vzduchu pro ohřev přiváděného vzduchu čerstvého.

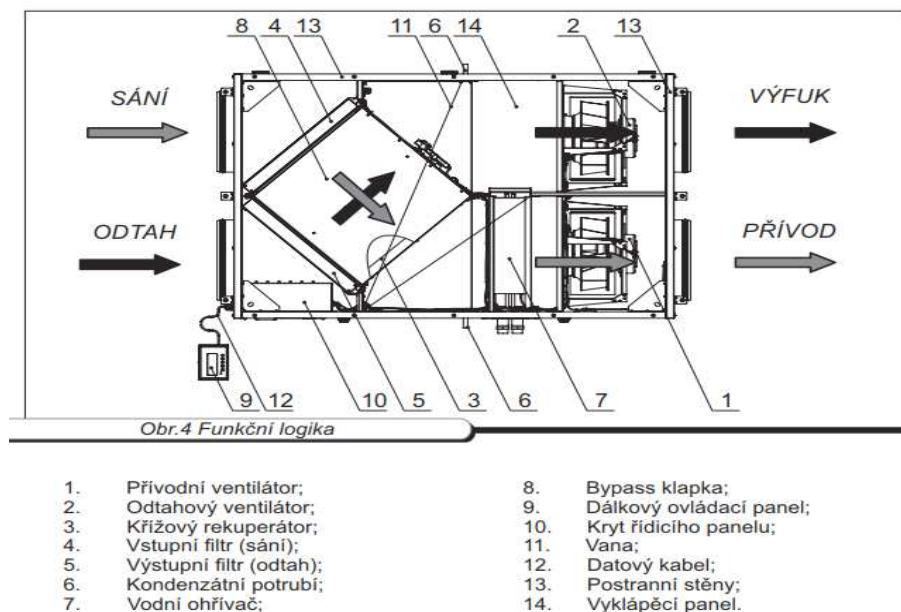


*Obrázek 16 VZT jednotka*

Čistý a chladný čerstvý vzduch (sání) je ventilátory hnán potrubím skrz filtr sání do výměníku, kde přijímá tepelnou energii vzduchu opouštějícího místnost (odtah). Poté je dodatečně ohříván a následně přefiltrován a čistý přiváděn do místnosti (přívod).



Teplý vzduch opouštějící místnost (odtah) proudí do jednotky, kde je vyčištěn v odvodním filtru a poté v tepelném výměníku předá většinu své tepelné energie nasávanému venkovnímu vzduchu a ventilátorem odveden pryč (výfuk). Přiváděný venkovní (sání) a vzduch odváděný z místnosti (odtah) nikdy nepřijdou do kontaktu, jsou zcela separovány, čímž je vyloučen jakýkoliv přenos látek z vylučovaného potenciálně znečištěného (odtah) vzduchu do čerstvého (sání). Rekuperace minimalizuje ztráty energie, její spotřebu a tedy náklady na provoz klimatizace.



**Obrázek 17 popis jednotky VZT**

Jednotka se skládá z přívodního (1) a odtahového (2) ventilátoru s dozadu zahnutými lopatkami. Ventilátory jsou poháněny EC motory s integrovanou ochranou proti přehřátí. Jednotka je dále vybavena křížovým rekuperátorem (3) a vodním ohřívačem (7). Filtr sání (vstupní) třídy filtrace G7 (4) chrání před vnikáním prachu a nečistot do místnosti. Stejnou funkci ochrany proti zanesení a případnému poškození jednotky má filtr výstupní (odtahu), třídy G4 (5). Během rekuperace se tvoří kondenzát, který je posléze shromažďován ve vaně (11) a následně odváděn z jednotky pomocí kondenzátního potrubí (8). Tepelný senzor TE2 je instalován po proudu rekuperátoru a chrání rekuperátor před zamrznutím. V případě nebezpečí zamrznutí rekuperátoru, tj. pokud teplota za výměníkem klesne pod hodnotu R-01 (lze nastavit pomocí ovládacího panelu, továrně nastaveno na 0°C) otevře se bypass klapka a vzduch proudí bypassem místo skrze výměník. Poté co odtahovaný vzduch ohřeje rekuperátor a nebezpečí zamrznutí již nehrozí, klapka bypassu se opět zavře a vzduch znovu proudí skrze rekuperátor.

## 5. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ

Ve výpočtu investičních nákladů jsou uvedeny ceny z nabídek u VZT jednotky a textilních výústí, ostatní ceny jsou převzaty z internetu a katalogu jednotlivých firem. Proto je výpočet pouze orientační.

VZT jednotka:

STA-017763:P-TYPE K 1200 CE/R/R přívodní - odtahová vnitřní, 1230 m<sup>3</sup>/h 150 Pa,

filtr, protiproudý výměník tepla, vodní ohřívač, ventilátor	1 ks	97,372.80 Kč
---	------	--------------

CTR-025264: Systém měření a regulace pro VZT zařízení 1 ks	1 ks	41,474.00 Kč
--	------	--------------

Elektrorevize	1 ks	3.000,00 Kč
---------------	------	-------------

Textilní výustě:

PD. PT V Tkaninové potrubí/vyústka dle přílohy	1 ks	1 532,00 Kč
--	------	-------------

PD. PT V Tkaninové potrubí/vyústka dle přílohy	1 ks	2 898,00 Kč
--	------	-------------

Výustky do kruhového potrubí	8 ks	3.888,00 Kč
------------------------------	------	-------------

Potrubí SPIRO celkem	14 ks	12.096,00 Kč
----------------------	-------	--------------

Spojky, objímky, kolena, přechody		8.470,00 Kč
-----------------------------------	--	-------------

Protidešťová žaluzie s přechodem	1ks	3.250,00 Kč
----------------------------------	-----	-------------

Montáž VZT rozvodů	400Kč/h	90h	36.000,00 Kč
--------------------	---------	-----	--------------

Celkové orientační náklady na pořízení VZT

zařízení s rozvody bez DPH		<u>209.980,00 Kč</u>
----------------------------	--	----------------------

## 6. ZÁVĚR

V diplomové práci je řešen návrh vzduchotechniky ve výrobním objektu Apis v Bílanech.

V první části se prováděl výpočet tepelných ztrát a zisků místností – dílna a stolárna.

Výsledky jsou zahrnuty v tabulkách kapitoly 3. Celkový výpočet tepelných ztrát se bude částečně pokrývat vytápěním a část z toho pomocí rekuperace. Některé z těchto výpočtů se použily pro návrh vzduchotechnického zařízení a jejích rozvodů. Při návrhu potrubí bylo využito pro přívod vzduchu textilních vyústí, které zajišťují rovnoměrný přísun čerstvého vzduchu bez velkého víření prachu. Pro odtah bylo použito potrubí SPIRO, ve kterém je vsazeno celkem 8 obdélníkových vyústí.

Při výpočtech tlakových ztrát se počítalo se vzorci pro ztráty třením pro hladké povrchy. Hodnoty  $Re$  se pohybovali v oblastech turbulentního proudění. Pro vykreslení odporové charakteristiky se dosazovalo pět zvolených rychlostí v rozmezí 5-9 m/s.

Při návrhu jednotky VZT bylo potřeba dimenzovat na objemový průtok  $1230 \text{ m}^3/\text{s}$  při tlaku 150 Pa od firmy SERAK-TECH s tlakovou ztrátou 100-150 Pa

V kapitole 5 jsou vyčísleny investiční náklady na VZT zařízení i s rozvody, které se orientačně pohybuje v hodnotě něco přes 200.000,-Kč

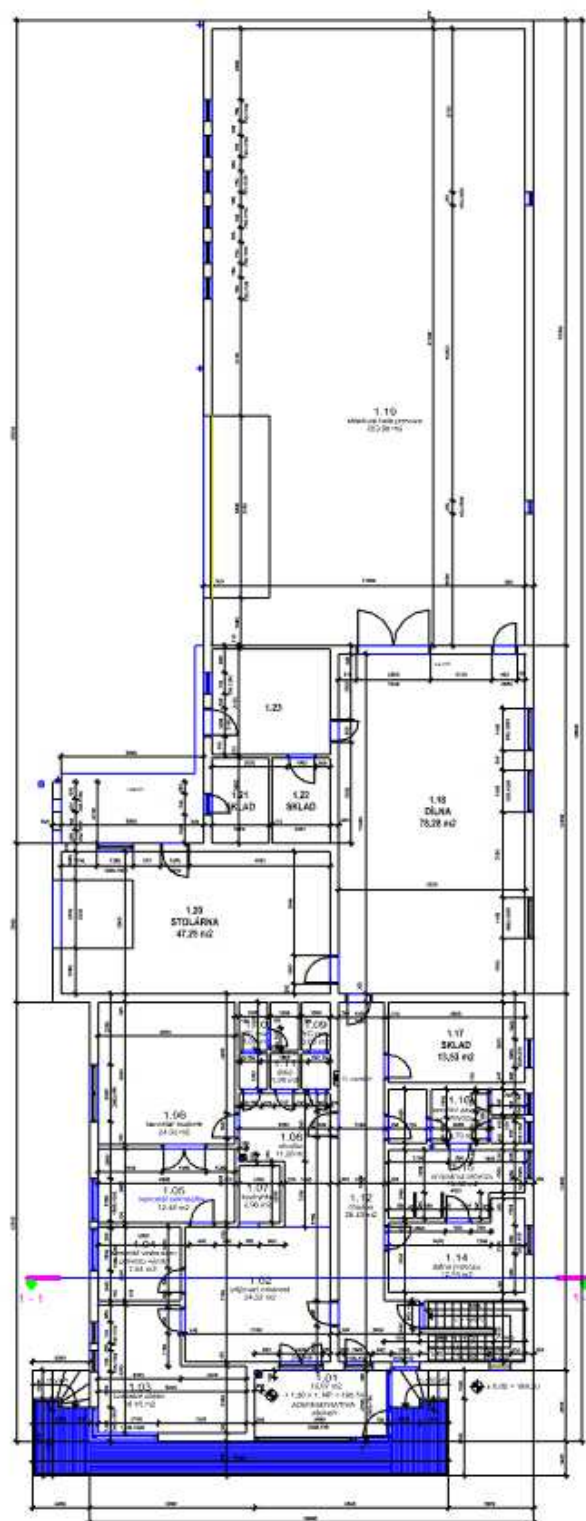
**SEZNAM LITERATURY**

- [L1] CENTNEROVÁ, L., PAPEŽ, K. *Technické zařízení budov – vzduchotechnika, cvičení*. 1.vyd. , ČVUT v PRAZE, 2003, 81 s, ISBN 80-01-02251-X
- [L2] BYSTRICKÝ, V., POKORNÝ, A., *Technická zařízení budov – B* , 2. vyd. Praha, ČVUT 2006, 203 s. ISBN 80-01-03450-X.
- [L3] HIRŠ, J., GUBNER, G., *Vzduchotechnika v příkladech 1*, 1.vyd. , CERM BRNO 2006, 230 s, 360s. ISBN 80-7204-486-9
- [L4] SZÉKYOVÁ M., FERSTL K., NOVÝ R., *Větrání a klimatizace*, JAGA GROUP 2006, s.r.o., 360 s ISBN 80-8076-037-3
- [L5] ČSN 06 0210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Praha
- [L6] ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor:
- [L7] KUBNÝ P., *Diplomová práce: Vzduchotechnická zařízení pro účely výuky*, Ostrava 2012
- [L8] VÝTISK T., *Disertační práce: Vývoj aparatury pro síťovou kontinuální analýzu vybraných složek spalín*. Ostrava 2010, 60 s
- [L9] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [L10] <http://www.qpro.cz/qpro-vzduchotechnika-klimatizace>
- [L11] <http://www.prihoda.com/cs>
- [L12] <http://www.ventila-vzduchotechnika.cz>
- [L13] <http://www.elektrodesign.cz>
- [L14] <http://www.seraktech.cz>
- [L15] materiály a dokumentace firmy Apis

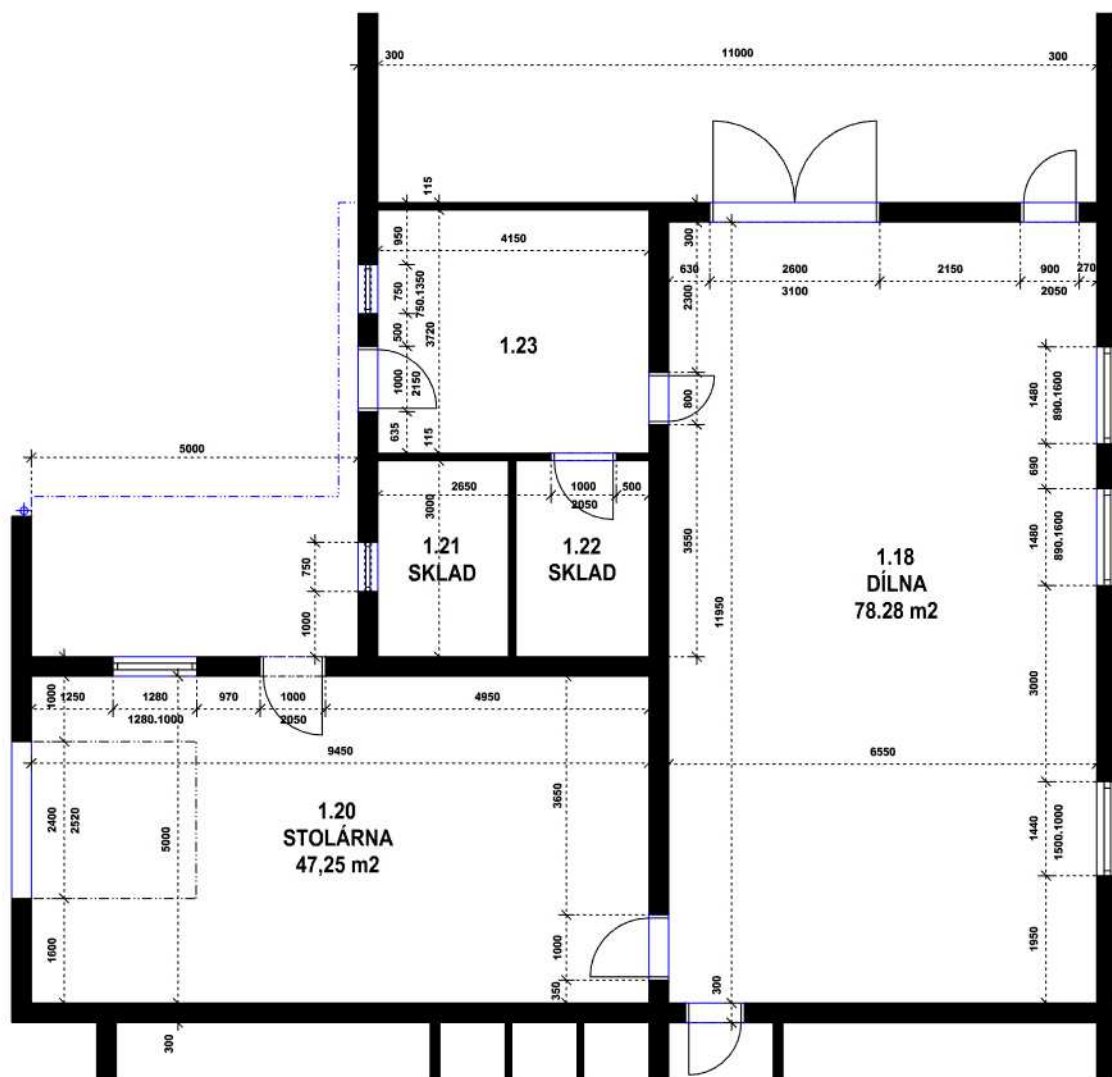
## SEZNAM PŘÍLOH

1. příloha: Celkový půdorys objektu
2. příloha: Detail půdorysu řešené části budovy v měřítku 1:100
3. příloha: Tabulka rovnocenné sluneční teploty
4. příloha: Látkové vyústky – spojování a zakončení vyústek
5. příloha: Protidešťová žaluzie popis
6. příloha: Vyústky pro obdélníkové potrubí
7. příloha: Tvary potrubí
8. příloha: Diagram na návrh potrubní sítě
9. příloha: Spojení trub SPIRO z hliníku vnitřní spojkou a s tvarovkou
10. příloha: Tabulky třecích a místních tl. ztrát pro  $w$  od 6 do 9 m/s - přívodní potrubí
11. příloha: Tabulky třecích a místních tl. ztrát pro  $w$  od 6 do 9 m/s - odvod
12. příloha: Technický list VZT jednotky P-TYPE 1200

## Příloha 1:



## Příloha 2:



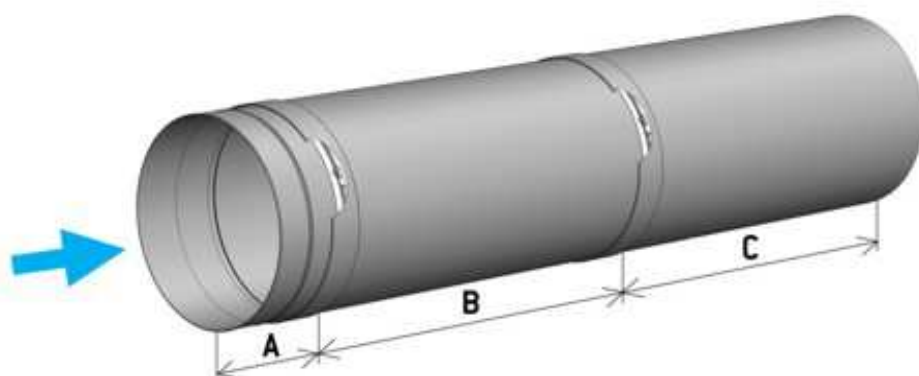
## Příloha 3:

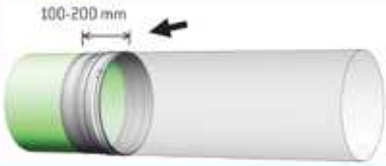




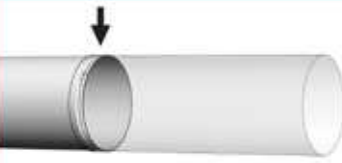
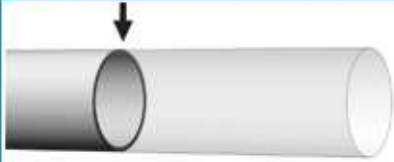
Tab. 3.8 Rovnocenné sluneční teploty  $t_r$  a  $t_{rm}$  a průběh teploty venkovního vzduchu  $t_{ev}$  pro  $t_{emax} = 30^\circ\text{C}$

hod	$t_{ev}$	Rovnocenná sluneční teplota $t_r$ ve $^\circ\text{C}$ pro plochu								
		horiz.	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
1	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
3	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
4	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
5	16,9	19,1	19,3	20,9	20,8	19,1	18,1	18,1	18,1	18,1
6	18,1	25,1	23,5	31,4	32,9	27,2	20,9	20,6	20,6	20,6
7	19,5	32,8	23,9	36,8	41,7	35,8	23,2	23,2	23,2	23,2
8	21,2	40,8	25,9	37,9	46,3	42,8	29,3	25,9	25,9	25,9
9	23,0	48,4	28,5	36,0	47,2	47,4	36,6	28,5	28,5	28,5
10	24,8	54,7	30,9	32,4	45,0	49,4	43,0	30,9	30,9	30,9
11	26,5	59,3	33,0	33,0	40,6	48,7	47,7	38,1	33,0	33,0
12	27,9	61,7	34,6	34,6	34,6	45,6	50,2	45,6	34,6	34,6
13	29,1	61,8	35,6	35,6	35,6	40,6	50,3	51,3	43,1	35,6
14	29,8	59,6	35,9	35,9	35,9	35,9	47,9	54,4	50,0	37,3
15	30,0	55,4	35,5	35,5	35,5	35,5	43,6	54,4	54,2	43,0
16	29,8	49,4	34,4	34,4	34,4	34,4	37,9	51,3	54,9	46,4
17	29,1	42,3	33,5	32,7	32,7	32,7	32,7	45,3	51,3	46,4
18	27,9	35,0	33,4	30,5	30,5	30,5	30,5	37,1	42,8	41,3
19	26,5	28,7	28,9	27,6	27,6	27,6	27,6	28,7	30,4	30,4
20	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8
21	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
22	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
23	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
24	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1
$t_{rm}$	23,0	33,6	26,2	27,8	29,7	30,2	29,6	30,2	29,7	27,8



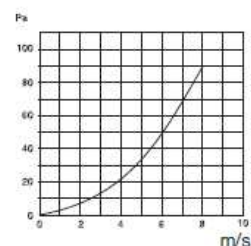
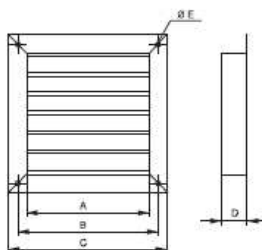
## Příloha 4:



<b>F ZAČÁTEK</b> 	<b>H LEMOVÁNÍ</b> 
<b>WOUT VNĚJŠÍ KŘÍDLA</b> 	<b>WIN VNITŘNÍ KŘÍDLA</b> 
<b>B ZASLEPENÍ</b> 	<b>Z ZIP</b> 
<b>S SEŠITÍ</b> 	

## Příloha 5:

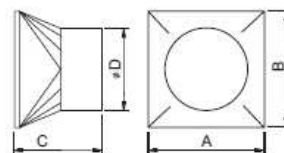
## TWG – protidešťová žaluzie



- rám a lamely z pozinkovaného plechu
- barva přírodní pozink
- lamely jsou pevné
- síť proti vnikání drobného ptactva
- pozední rám na zakázku
- otvory E nejsou standardně vyvrtány, v případě potřeby možno dodatečně vyvrtat

Typ	A	B	C	D	Ø E
TWG-160	150	185	220	45	9
TWG-200	190	225	260	45	9
TWG-250	240	275	310	45	9
TWG-315	305	340	375	45	9
TWG-355	345	380	415	45	9
TWG-400	390	425	460	45	9
TWG-450	440	475	510	45	9
TWG-500	490	525	560	45	9
TWG-560	550	590	630	45	9
TWG-630	620	655	690	45	9
TWG-710	700	735	770	45	9
TWG-800	790	825	860	45	9
TWG-900	890	925	960	45	9
TWG-1000	990	1025	1060	45	9

## TWG-PRO – přechod na kruhové potrubí



- z ocelového pozinkovaného plechu
- přechod ze žaluzie TWG na potrubí
- žaluzie TWG není součástí dodávky

Typ	A [mm]	B [mm]	C [mm]	Ø D [mm]
TWG-PRO 160/125	160	160	500	125
TWG-PRO 160	160	160	500	160
TWG-PRO 200/160	200	200	500	160
TWG-PRO 200	200	200	500	200
TWG-PRO 250/200	250	250	500	200
TWG-PRO 250	250	250	500	250
TWG-PRO 315	315	315	500	200

## Příloha 6:

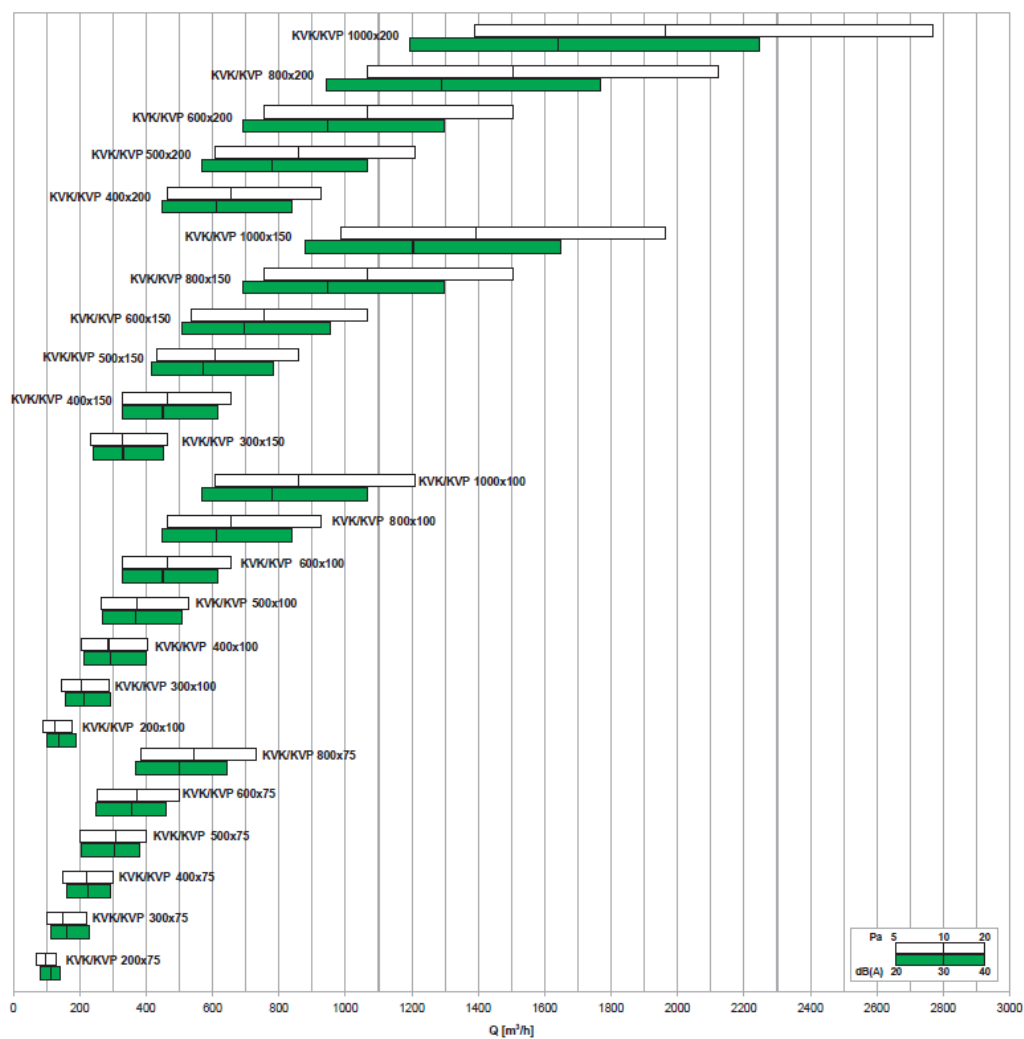
1662

Příslušenství, distribuční elementy

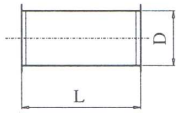
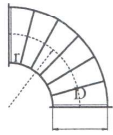
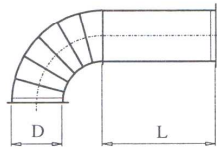
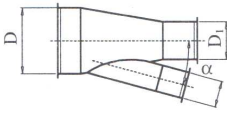
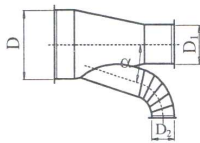
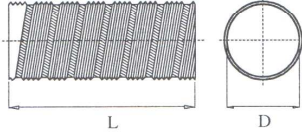

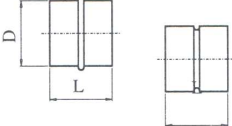
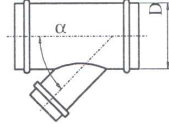
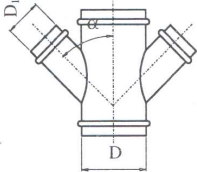
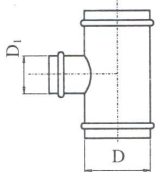
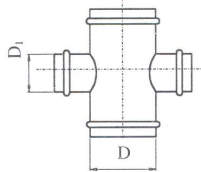
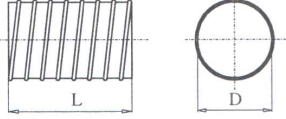
**KVK/KVP – vyústky do kruhového potrubí**

**Soler&Palau**  
Ventilation Group

Tabulka rychlého návrhu

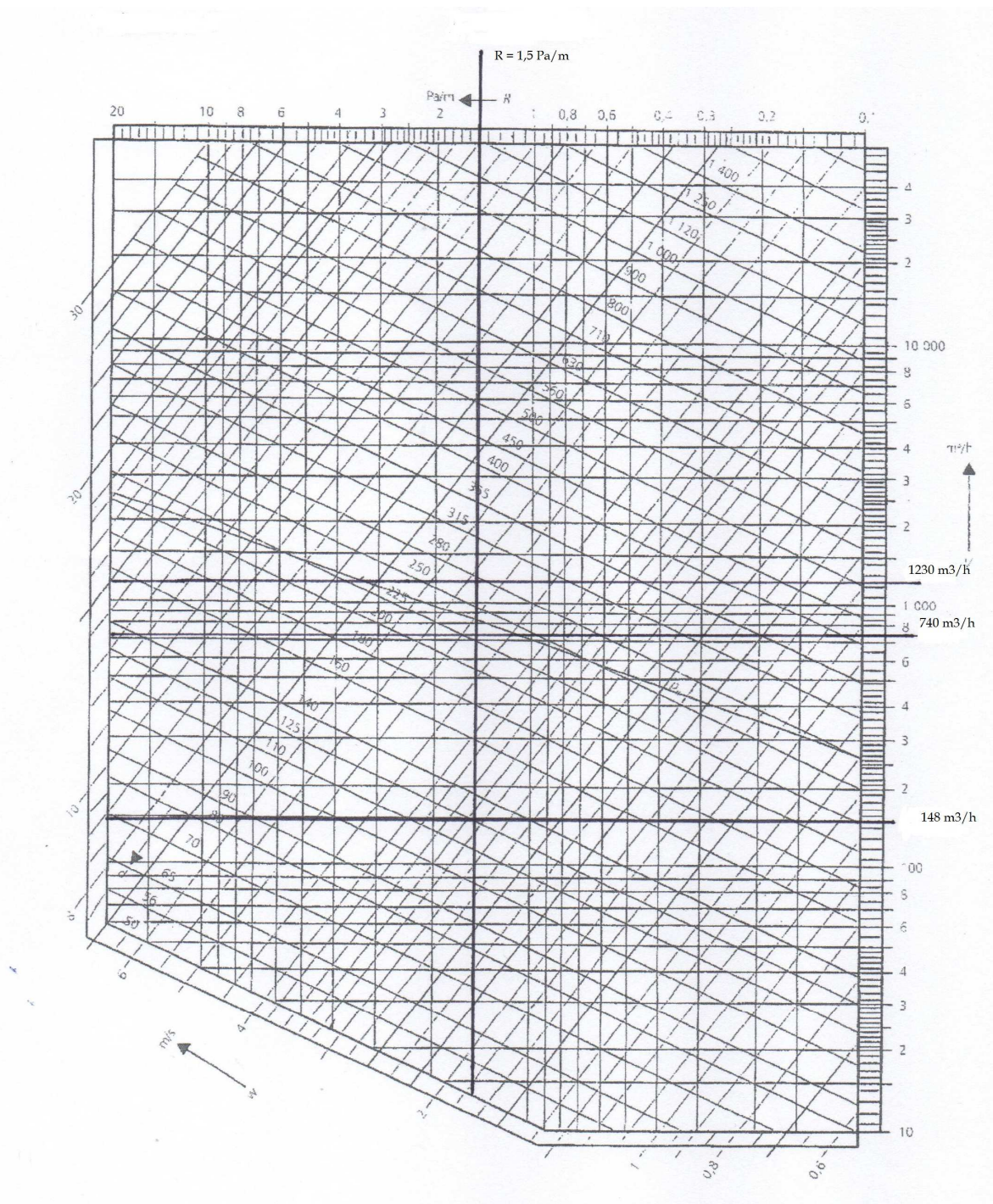


## Příloha 7:

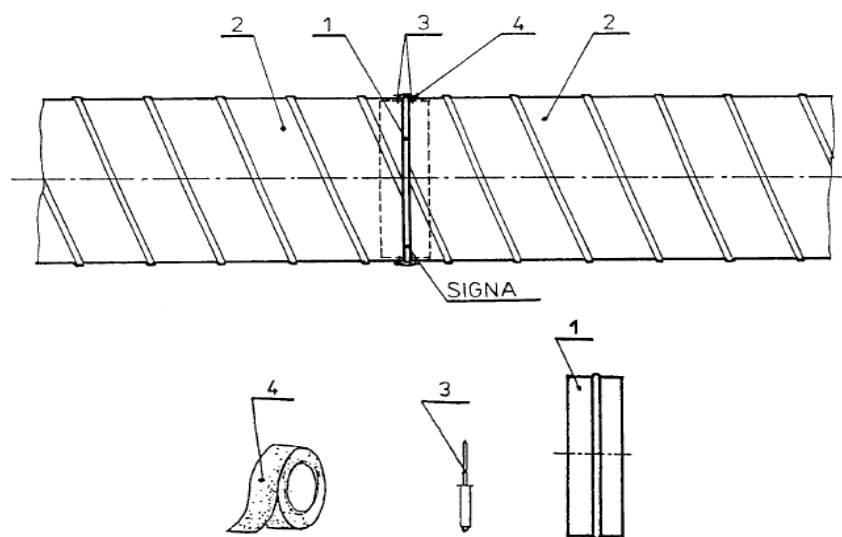
<b>Základní jmenovité rozměry kruhového potrubí <math>D, D_1</math>:</b> 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 630, 710, 800, 900, 1000, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000 mm. $r = 1,5D$ , $\alpha = 0$ až $90^\circ$ po $15^\circ$ . Základní délkový modul $L$ : 970, odvozený 470, 720, 1970 mm, dnes jsou délky k dispozici v modulu 250 mm do 3 m, event. individuálního požadavku.		
<b>Trouba</b> 	<b>Oblouk</b> 	<b>Trouba s obloukem</b> 
<b>Rozbočka – tvar 11</b> 	<b>Rozbočka – tvar 12</b> 	<b>Hliníkové flexo potrubí</b> 
<b>Potrubí kruhové typu Spiro – vybrané prvky a základní průměry <math>D, D_1, D_2</math>:</b> 80, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800 Doporučené délky $L$ od 500 do 3000 mm v modulu 500 mm.		
<b>Kruhová trouba</b> 	<b>Spojka</b> 	<b>Odbočka <math>45^\circ</math></b> 
<b>Rozbočka <math>45^\circ</math> trojcestná</b> 	<b>Odbočka <math>90^\circ</math></b> 	<b>Rozbočka <math>90^\circ</math> trojcestná</b> 
 <b>Ohebná hliníková hadice</b> Vyztužena hadice spirálou s ocelového pozinkovaného drátu. Minimální poloměr ohybu $R = 0,54D$ . Základní jmenovité průměry: 100, 125, 180, 200, 230, 250 mm. Standardní výrobní délka 10 m. Blíže katalog výrobců.		



## Příloha 8:

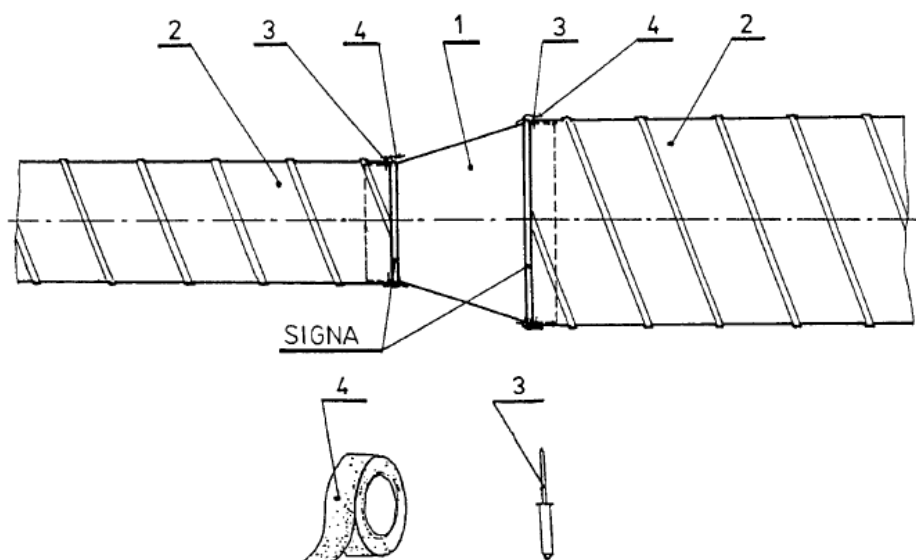


## Příloha 9:



1. Vnitřní spojka
2. Trouba SPIRO
3. Nýt s trnem
4. Samolepící těsnící páska

Jmenovitý průměr	Počet nýtů
80 až 315	3
355 až 400	4



1. Tvarovka SPIRO
2. Trouba SPIRO
3. Nýt s trnem
4. Samolepící těsnící páska

Jmenovitý průměr	Počet nýtů
80 až 315	3
355 až 400	4

## Příloha 10

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	V	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
text.vyústka hlavní větve	6	200	0,2	0,031	678,24	76923,077	0,15	0,00075	0,00159	0,01900	9,2	18,88
spiropotrubí	6	200	0,2	0,031	678,24	76923,077	0,15	0,00075	0,00159	0,01900	6,72	13,79
textilní vyústka	6	200	0,2	0,031	678,24	76923,077	0,15	0,00075	0,00159	0,01900	5,25	10,77
přívod z venku:	6	315	0,315	0,078	1682,46	121153,846	0,15	0,00048	0,00107	0,01696	2,1	2,44
<b>Celkové tlakové ztráty třením – přívod – w =6 m/s</b>												<b>45,88</b>

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	V	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
text vyústka hlavní větve	7	200	0,2	0,031	791,28	89743,590	0,15	0,00075	0,00139	0,01828	9,2	24,72
spiropotrubí	7	200	0,2	0,031	791,28	89743,590	0,15	0,00075	0,00139	0,01828	6,72	18,06
textilní vyústka	7	200	0,2	0,031	791,28	89743,590	0,15	0,00075	0,00139	0,01828	5,25	14,11
přívod z venku:	7	315	0,315	0,078	1962,87	141346,154	0,15	0,00048	0,00093	0,01632	2,1	3,20
<b>Celkové tlakové ztráty třením – přívod w=7 m/s</b>												<b>60,09</b>

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	V	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
text.vyústka hlavní větve	8	200	0,2	0,031	904,32	102564,103	0,15	0,00075	0,00124	0,01768	9,2	31,23
spiropotrubí	8	200	0,2	0,031	904,32	102564,103	0,15	0,00075	0,00124	0,01768	6,72	22,81
textilní vyústka	8	200	0,2	0,031	904,32	102564,103	0,15	0,00075	0,00124	0,01768	5,25	17,82
přívod z venku:	8	315	0,315	0,078	2243,28	161538,462	0,15	0,00048	0,00083	0,01578	2,1	4,04
<b>Celkové tlakové ztráty třením – přívod w=8 m/s</b>												<b>75,90</b>

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	V	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
text.vyústka hl. větve	9	200	0,2	0,031	1017,36	115384,615	0,15	0,00075	0,00112	0,01717	9,2	38,38
spiropotrubí	9	200	0,2	0,031	1017,36	115384,615	0,15	0,00075	0,00112	0,01717	6,72	28,03
textilní vyústka	9	200	0,2	0,031	1017,36	115384,615	0,15	0,00075	0,00112	0,01717	5,25	21,90
přívod z venku:	9	315	0,315	0,078	2523,69	181730,769	0,15	0,00048	0,00075	0,01532	2,1	4,97
<b>Celkové tlakové ztráty třením – přívod w=9 m/s</b>												<b>93,28</b>

**Místní ztráty přívod od rychlosti 6-9m/s**

přívod	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
žaluzie		6	25,00
koleno	0,26	6	5,62
přechodka	0,06	6	1,30
odbočka	0,4	6	8,64
koleno	0,26	6	5,62
odbočka přiváděcí	1,3	6	28,08
regulační klapka		6	1,50
<b>Celkové místní ztráty – přívod <math>w=6</math> m/s</b>			<b>75,75</b>

přívod	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
žaluzie		7	25,00
koleno	0,26	7	7,64
přechodka	0,06	7	1,76
odbočka	0,4	7	11,76
koleno	0,26	7	7,64
odbočka přiváděcí	1,3	7	38,22
regulační klapka		7	1,50
<b>Celkové místní ztráty – přívod <math>w=7</math> m/s</b>			<b>93,53</b>

přívod	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
žaluzie		8	25,00
koleno	0,26	8	9,98
přechodka	0,06	8	2,30
odbočka	0,4	8	15,36
koleno	0,26	8	9,98
odbočka přiváděcí	1,3	8	49,92
regulační klapka		8	1,50
<b>Celkové místní ztráty – přívod <math>w=8</math> m/s</b>			<b>114,05</b>

přívod	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa
žaluzie		9	25,00
koleno	0,26	9	12,64
přechodka	0,06	9	2,92
odbočka	0,4	9	19,44
koleno	0,26	9	12,64
odbočka přiváděcí	1,3	9	63,18
regulační klapka		9	1,50
<b>Celkové místní ztráty - přívod</b>			<b>137,308</b>



## Příloha 11

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	v	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
1	6	160	0,16	0,020	434,1	61538,462	0,15	0,00094	0,00193	0,02009	2	5,42
2	6	160	0,16	0,020	434,1	61538,462	0,15	0,00094	0,00193	0,02009	2,2	5,97
3	6	180	0,18	0,025	549,4	69230,769	0,15	0,00083	0,00175	0,01951	2,2	5,15
4	6	200	0,2	0,031	678,2	76923,077	0,15	0,00075	0,00159	0,01900	2	4,10
5	6	224	0,224	0,039	850,8	86153,846	0,15	0,00067	0,00144	0,01847	8	14,25
6	6	224	0,224	0,039	850,8	86153,846	0,15	0,00067	0,00144	0,01847	2,1	3,74
7	6	250	0,25	0,049	1059,8	96153,846	0,15	0,00060	0,00131	0,01797	1,62	2,51
8	6	250	0,25	0,049	1059,8	96153,846	0,15	0,00060	0,00131	0,01797	2,3	3,57
odtah	6	315	0,315	0,078	1682,5	121153,846	0,15	0,00048	0,00107	0,01696	5	5,81
<b>Celkové tlakové ztráty třením - odtah pro w=6m/s</b>												<b>50,53</b>

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	v	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
1	7	160	0,16	0,020	506,4	71794,872	0,15	0,00094	0,00169	0,01933	2	7,10
2	7	160	0,16	0,020	506,4	71794,872	0,15	0,00094	0,00169	0,01933	2,2	7,81
3	7	180	0,18	0,025	640,9	80769,231	0,15	0,00083	0,00153	0,01877	2,2	6,74
4	7	200	0,2	0,031	791,3	89743,590	0,15	0,00075	0,00139	0,01828	2	5,37
5	7	224	0,224	0,039	992,6	100512,821	0,15	0,00067	0,00126	0,01777	8	18,66
6	7	224	0,224	0,039	992,6	100512,821	0,15	0,00067	0,00126	0,01777	2,1	4,90
7	7	250	0,25	0,049	1236,4	112179,487	0,15	0,00060	0,00114	0,01729	1,62	3,29
8	7	250	0,25	0,049	1236,4	112179,487	0,15	0,00060	0,00114	0,01729	2,3	4,68
odtah	7	315	0,315	0,078	1962,9	141346,154	0,15	0,00048	0,00093	0,01632	5	7,62
<b>Celkové tlakové ztráty třením - odtah pro w=7m/s</b>												<b>66,18</b>

počet výpustek	$w_1$	D	D	S	v	Re	k	$\varepsilon = k / d$	$30 / Re_{0,875}$	$\lambda$	L	$\Delta p_t$
	m/s	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	1	mm	1	1	1	m	ztráty třením
1	8	160	0,16	0,020	578,8	82051,282	0,15	0,00094	0,00150	0,01869	2	8,97
2	8	160	0,16	0,020	578,8	82051,282	0,15	0,00094	0,00150	0,01869	2,2	9,87
3	8	180	0,18	0,025	732,5	92307,692	0,15	0,00083	0,00136	0,01815	2,2	8,52
4	8	200	0,2	0,031	904,3	102564,103	0,15	0,00075	0,00124	0,01768	2	6,79
5	8	224	0,224	0,039	1134,4	114871,795	0,15	0,00067	0,00112	0,01719	8	23,57
6	8	224	0,224	0,039	1134,4	114871,795	0,15	0,00067	0,00112	0,01719	2,1	6,19
7	8	250	0,25	0,049	1413,0	128205,128	0,15	0,00060	0,00102	0,01672	1,62	4,16
8	8	250	0,25	0,049	1413,0	128205,128	0,15	0,00060	0,00102	0,01672	2,3	5,91
odtah	8	315	0,315	0,078	2243,3	161538,462	0,15	0,00048	0,00083	0,01578	5	9,62
<b>Celkové tlakové ztráty třením – odtah pro w=8m/s</b>												<b>83,60</b>
<b>Celkové tlakové ztráty třením – odtah pro w=9m/s</b>												<b>102,73</b>

Tabulky místní tlakové ztráty pro rychlosti od 6 po 9 m/s

odtah	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa	m/s	Pa
vyustka			10,00		10
přechod	0,04	6	0,86	7	1,176
přechod	0,04	6	0,86	7	1,176
přechod	0,04	6	0,86	7	1,176
koleno	0,26	6	5,62	7	7,644
přechod	0,04	6	0,86	7	1,176
koleno	0,26	6	5,62	7	7,644
přechod	0,06	6	1,30	7	1,764
koleno	0,26	6	5,62	7	7,644
vyfuk	1,2	6	25,92	7	35,28
Celkové místní ztráty – odtah			57,52		74,68

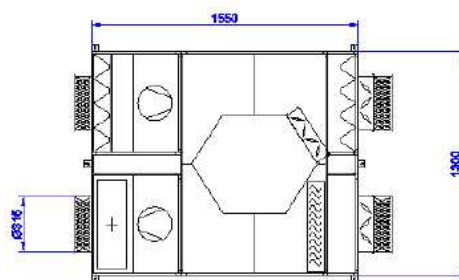
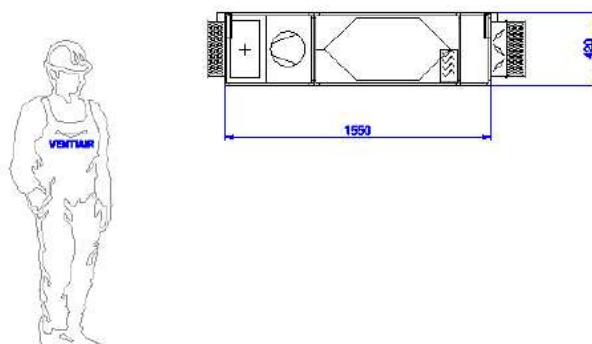
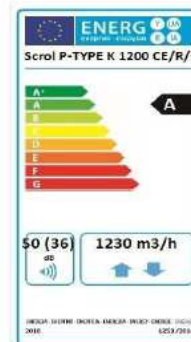
odtah	$\xi$	$w_1$	$\Delta P_m$	$w_1$	$\Delta P_m$
	1	m/s	Pa	m/s	Pa
vyustka			10,00		10,00
přechod	0,04	8	1,54	9	1,94
přechod	0,04	8	1,54	9	1,94
přechod	0,04	8	1,54	9	1,94
koleno	0,26	8	9,98	9	12,64
přechod	0,04	8	1,54	9	1,94
koleno	0,26	8	9,98	9	12,64
přechod	0,06	8	2,30	9	2,92
koleno	0,26	8	9,98	9	12,64
vyfuk	1,2	8	46,08	9	58,32
Celkové místní ztráty – odtah			94,48		116,92

## Příloha 12



## Technický list 317/09/16/DPC

Typ jednotky	Přívodní-odtahová
TYP	P-TYPE K
KÓD	P-TYPE K 1200 CE/R/R
PROVEDENÍ	Vnitřní
POPIS	VZT
VELIKOST	1200
Průtok na přívodu	1230 m <sup>3</sup> /h
Externí tlak	150 Pa
Průtok na odtahu	1230 m <sup>3</sup> /h
Externí tlak	150 Pa
SFP (EN13779:2007)	1,45 kW/m <sup>3</sup> s
VÝKRES	Pohled shora - půdorys
HMOTNOST	185 [kg] +/- 10%



SERAK-TECH s.r.o.  
 Dopraváků 749/3, 184 00 Praha 8 - Dolní Chabry  
 IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
 Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
 e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
 web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)

Přívodní část:

Technický list 317/09/16/DPC  
**Přívodní část**

<b>⊞ Filtr:</b>		
Pokles tlaku (počáteční)	86	Pa
Pokles tlaku (průměr)	206	Pa
Pokles tlaku (konečné)	450	Pa
Filtr	Kazetový	
Třída filtrace	F7	

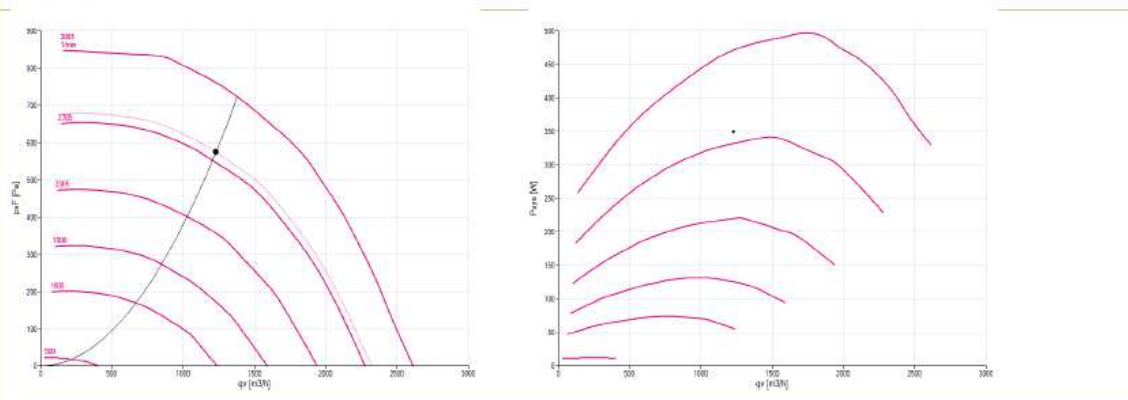
<b>⊞ Protiproudý výměník tepla:</b>			
Tlaková ztráta (přívod, odtah)	138	Pa	181 Pa
Rychlost proudění (přívod, odtah)	1,71	m/s	1,71 m/s
Vstup vzduchu (přívod)	-15,00	°C	90 %
Výstup vzduchu (přívod)	12,77	°C	10 %
Vstup vzduchu (odtah)	20,00	°C	20 %
Výstup vzduchu (odtah)	-4,85	°C	63 %
Tepelná účinnost			79 %
Tepelný zisk			11,46 kW
Kondenzát			1,72 l/h

<b>⊕ Vodní ohřivač:</b>			
Tlaková ztráta			38 Pa
Rychlost vzduchu			1,71 m/s
Rychlost proudění			2,73 m/s
Výkon			3,40 kW
Maximální možný výkon			8,90 kW
Zatížení			38,22 %
Vstup vzduchu	12,77	°C	10 %
Výstup vzduchu	21,00	°C	6 %
Parametry média	70	°C	50 °C
Pokles tlaku média			0,44 kPa
Průtok média			0,04 l/s
kvs			2,23
Připojení DN			1/2"
Kapacita			2,00 l
Počet řad výměníku			2



## Technický list 317/09/16/DPC

<b>Ventilátor: EC</b>		
Statický tlak	575	Pa
Celkový tlak	593	Pa
Účinnost	67	%
Otáčky	2755	1/min
Otáčky max.	3080	1/min
Příkon	0,35	kW
Jmenovitý výkon motoru	0,50	kW
Jmenovitý proud motoru	2,50	A
Jmenovité otáčky motoru	3080	1/min
Jmenovitá frekvence motoru	50	Hz
Napájecí napětí	1~ 230V 50Hz	
SFP (EN13779:2007)	0,81	kW/m <sup>3</sup> /s
SFP Class	SFP3	

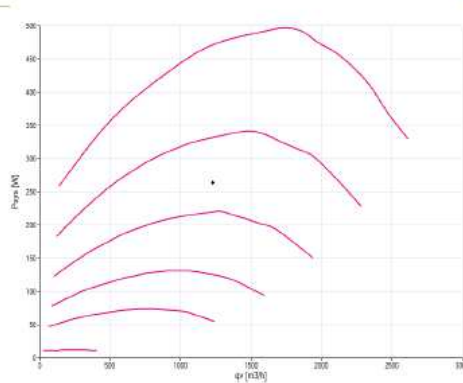
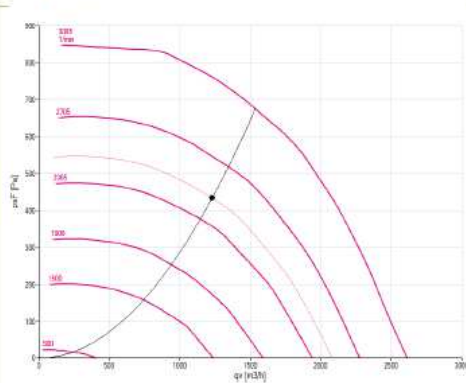


Akustické parametry									
Frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw
Sání Lw [dB]	65	55	66	57	47	34	19	10	59
Výtlač Lw [dB]	71	64	74	69	69	67	61	59	73
Okolí Lw [dB]	59	49	53	43	41	39	33	24	48
Okolí (Lp) [dB(A)]	22	22	33	29	30	29	23	12	35

Odvodní část:

<b>Filtr:</b>	
Pokles tlaku (počáteční)	26 Pa
Pokles tlaku (průměr)	103 Pa
Pokles tlaku (konečné)	300 Pa
Filtr	Kazetový
Třída filtrace	G4

<b>Ventilátor: EC</b>	
Statický tlak	434 Pa
Celkový tlak	452 Pa
Účinnost	67 %
Otáčky	2471 1/min
Otáčky max.	3080 1/min
Příkon	0,26 kW
Jmenovitý výkon motoru	0,50 kW
Jmenovitý proud motoru	2,50 A
Jmenovité otáčky motoru	3080 1/min
Jmenovitá frekvence motoru	50 Hz
Napájecí napětí	1~ 230V 50Hz
SFP (EN13779:2007)	0,65 kW/m <sup>3</sup> /s
SFP Class	SFP2



Akustické parametry									
Frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw
Sání Lw [dB]	61	54	60	55	50	42	37	32	56
Výtlač Lw [dB]	65	61	69	66	67	65	59	57	71
Okolí Lw [dB]	53	46	48	40	39	37	31	22	44
Okolí (Lp) [dB(A)]	16	19	28	26	28	27	21	10	33





## Technický list 317/09/16/DPC

Rozměry sekcí					
Číslo	Jméno	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost
1	Sekce	1550	1300	420	185,00

Měření a regulace					
TSC 1000	Čidlo teploty potrubní				1 ks
TSO 1000	Čidlo teploty venkovní				1 ks
Z-19-0195	Servopohon ON/OFF				1 ks
THT 2m	Termostat protimrazový, kapilára 2m				1 ks
05-OPTK-0000-00KB-C-V1	Elektrické vedení				1 ks
SWG-RMC20-NW-0220-1F	Rozvaděč napájení a regulace				1 ks
Z-19-0214	Karta Ethernet v rozvaděči				1 ks

Ecodesign EK 1253/2014 ERP 2018				
Energetická třída	A			
Typ systému	Obousměrný větrací systém			
Podnebí	Mírný			
Typ pohonu	Plynulý 0-100%			
Způsob regulace	Lokální řízení podle požadavku			
Typ rekuperace tepla	Deskový rekuperační výměník			
Popis				
Měrná energetická spotřeba (MES)	-38,00	kWh/m2/rok		
Tepelná účinnost rekuperátoru	78,95	%		
Jmenovitý průtok	0,34	m3/s	0,34	m3/s
Čelní rychlost	1,71	m/s	1,71	m/s
Jmenovitý vnější tlak Δps, ext	150,00	Pa	150,00	Pa
Efektivní elektrický příkon	0,35	kW	0,26	kW
Vnitřní měrný příkon ventilátoru SFP int / SFP max	621,10	W/(m3/s)	1227,23	W/(m3/s)
Účinnost ventilátoru	67,30	%	67,30	%
Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí Δps,int	215,00	Pa	203,00	Pa
Hladina akustického výkonu	50 (36)	dB		